



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

ESTUDIO SOBRE EL ABASTECIMIENTO Y LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CIUDAD DE CAMOAPA EN NICARAGUA

Trabajo final de grado

Ingeniería de sistemas biológicos

Autor: Guillermo Sol Olmos

Tutoras: Marta Ginovart y Mònica Blanco

Resum

El present treball pretén donar una visió global sobre la situació existent i les principals problemàtiques que es donen a la ciutat de Camoapa (Nicaragua) originades per la crisi de l'aigua.

S'ha treballat en col·laboració amb diferents organitzacions com San Just Solidari, El Porvenir i Asociación Universitarios por la Cooperación, entre d'altres, i amb el finançament del Centre de Cooperació per al Desenvolupament que pertany a la Universitat Politècnica de Catalunya.

El treball s'emmarca dins del compromís de contribuir en la mesura del possible a la millora de la qualitat i l'abastiment de l'aigua de Camoapa, que actualment té 28.000 habitants.

Amb aquest objectiu, es realitza un estudi en profunditat de l'estat del recurs hídic, que no tan sols pretén conèixer les característiques de l'aigua de consum, sinó que també posa èmfasis en analitzar les característiques del sistema d'abastiment existents a l'àrea d'estudi. També s'estudia l'ús que es fa de l'aigua segons els costums dels habitants de la zona. En primer lloc es va analitzar l'aigua de diferents punts representatius de la zona, incloent-hi la presa principal Rocas Morenas, els diferents rius que desemboquen a la presa, els pous, tant públics com privats que es troben als barris, i l'aigua dels recipients que són distribuïts per empreses privades. En segon lloc, es va dur a terme la recollida d'informació a través d'enquestes als habitants dels diferents barris de la ciutat. Es va realitzar un estudi estadístic de les dades recollides.

A més a més, durant l'estança, es va constatar el deficient estat en què es troba la infraestructura relacionada amb l'abastament, que directament o indirectament contribueix a la contaminació de l'aigua des dels seus orígens.

Per finalitzar, es va construir un filtre de sorra lent casolà a l'escola "Hogar Luceros del Amanecer", i es van fer capacitacions manuals sobre la seva fabricació, funcionament i manteniment (que van ser entregats a dues organitzacions camoapenques, per que aquestes pogueren construir-ne més en el futur).

Resumen

El presente trabajo pretende dar una visión global de la situación existente y de las principales problemáticas que ocurren en la ciudad de Camoapa (Nicaragua) originadas por la crisis del agua.

Se ha trabajado en colaboración con distintas organizaciones como San Just Solidari, El Porvenir y la Asociación Universitarios por la Cooperación, entre otras, y con la financiación del Centro de Cooperación para el Desarrollo perteneciente a la Universitat Politècnica de Catalunya.

El trabajo se enmarca dentro del compromiso de contribuir en la medida de lo posible a la mejora de la calidad y el abastecimiento del agua de Camoapa, que actualmente tiene más de 28.000 habitantes.

Con este objetivo, se realiza un estudio en profundidad del estado del recurso hídrico, que no solo pretende conocer las características del agua de consumo, sino que también pone énfasis en analizar las características del sistema de abastecimiento existentes en el área de estudio. También se estudia el uso que se hace del agua según las costumbres de los habitantes de la zona. En primer lugar, se analizó el agua de distintos puntos representativos de la zona, incluyendo la presa principal Rocas Morenas, los diferentes ríos que desembocan en la presa, los pozos, tanto públicos como privados que se encuentran en los barrios, y el agua de los recipientes que son distribuidos por empresas privadas. En segundo lugar, se llevó a cabo la recogida de información a través de encuestas a los habitantes de los diferentes barrios de la ciudad. Se realizó un estudio estadístico de los datos recogidos.

Además, durante la estancia, se constató el deficiente estado en el que se encuentra la infraestructura relacionada con el abastecimiento, que directa o indirectamente contribuye a la contaminación del agua desde sus orígenes.

Para finalizar, se construyó un filtro de arena lento casero en la escuela “Hogar Luceros del Amanecer”, y se hicieron capacitaciones y manuales sobre su fabricación, funcionamiento y mantenimiento (que se entregaron a dos organizaciones camoapenses, para que estas pudieran construir otros en el futuro).

Abstract

The present work aims to give a global vision about the actual situation and the principals problems that are occurring in the city of Camoapa (Nicaragua) originated for the crisis of water. It has work in collaboration with different organizations like San Just Solidari, El Porvenir and Asociación Universitarios por la Cooperación, among others, and with the the financing of Centro de Coperación para el Desarrollo wich belongs to Universitat Politècnica de Catalunya.

The work is part of the commitment to contribute as much as possible to improve the quality and supply of Camoapa, that nowadays has more than 28.000 inhabitants.

With this goal, it has realized a deep study of the state of water resource, that pretend to make known the characteristics of the drinking water, and also pretends to analyze the characteristics of the existent supply system in the study area. Furthermore, it is studied the use that is made of the water according to the customs of the inhabitants of the area.

In first place, the water of different representative points of the area has been analyzed, including the main dam, Rocas Morenas, and the different rivers that desembogue in the dam, some dregs (publics and privates) of different neighborhoods, and the water of the containers that are distributed by private companies. In second place, the collection of information was carried out through surveys of the inhabitants of the diferents neighborhoods of the city. A statical study of the collected data was developed.

In addition, during the stay, the poor state of the infrastructure related to the supply was verified, which directly or indirectly contributes to the contamination of water from its origins.

Finally, a homemade slow sand water filter was built in the “Hogar Luceros del Amanecer school”. It was made a manual about his manufacture, and also some training was made about the operation and maintenance (the manual was delivered to two camoapenses organizations, so that they could build others in a future).

Sumario

1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Marco de estudio.....	2
1.2. Identificación de la problemática.....	5
1.3. Actores principales.....	6
2. OBJETIVOS.....	7
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
3.1. Análisis físico-químicos y bacteriológico.....	8
3.2. Encuestas.....	11
3.3 Filtro de arena lento casero.....	14
3.4. Organización del trabajo.....	17
4. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	19
4.1. Análisis de los datos recogidos con las encuestas realizadas.....	19
4.2. Análisis de los indicadores generados.....	41
4.3. Filtro de arena lento casero.....	47
4.4. Resultados de los análisis físico-químicos y bacteriológico.....	48
4.4.1. Información recogida en la presa Rocas Morenas.....	50
4.5. Difusión de los resultados obtenidos.....	51
5. CONCLUSIONES.....	54
6. BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEJO 1. -CARTA DE AGRADECIMIENTO DE LOS COMITÉS DE AGUA POTABLE.....	57
ANEJO 2. -CARTA DE AGRADECIMIENTO DE L'ASOCIACIÓN DESARROLLO MUNICIPAL.....	58
ANEJO 3. -CARTA DE AGRADECIMIENTO DE EL PORVENIR.....	59

Agradecimientos

En primer lugar, dar la gracias a todas aquellas personas que me han ayudado a realizar este trabajo, ya fuese por su tiempo, su dedicación o sus conocimientos. En especial, a mis compañeros Daniel Coll y Mariona Carós por haber compartido conmigo este viaje a Nicaragua, y a Sebastián Laguna, director del Hogar Luceros del Amanecer, ya que sin él no hubiese sido posible desarrollar este estudio.

También agradecer a mis tutoras Marta Ginovart y a Mónica Blanco, por su tiempo dedicado y por su paciencia en la corrección y orientación del trabajo.

Por último, agradecer al Centro de Cooperación y Desarrollo de la Universitat Politècnica de Catalunya, por ofrecerme los medios y el soporte para llevar a cabo este proyecto.

1. Introducción

Cuando empezaba el tercer curso (año 2016) del grado ingeniería de sistemas biológicos en la Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (ESAB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), comenzaron mis inquietudes sobre la posible aplicación de lo estudiado hasta el momento y sobre el mundo de la cooperación internacional.

Fuimos tres estudiantes de distintas áreas de la ingeniería, Daniel Coll (ingeniería industrial), Mariona Carós (ingeniería de telecomunicaciones) y yo mismo (ingeniería de sistemas biológicos) que a principios del 2016 tuvimos la oportunidad de iniciar un proyecto de cooperación, que nos llevaría a realizar un estudio sobre el abastecimiento, la calidad y el servicio del agua en la ciudad de Camoapa (Nicaragua).

Los tres tenemos en común las ganas y la ilusión de viajar y conocer nuevas culturas y realidades. Además, el hecho de pertenecer a ámbitos tan distintos de la ingeniería nos complementa y nos ayuda a enfocar los problemas y dificultades que van surgiendo desde distintos puntos de vista.

En julio de 2016, nos desplazamos hasta Camoapa para llevar a cabo todo el trabajo de campo que sirviera de base para realizar posteriormente el estudio. Durante el mes y medio que estuvimos en el lugar de actuación, se redactó un blog por Internet, en el que fuimos compartiendo todas nuestras vivencias durante nuestra estancia en Nicaragua.

Este proyecto no tiene una continuidad en sí mismo, pero gracias al contacto establecido con distintas organizaciones, ha permitido que se lleve a cabo otro proyecto de cooperación y que en un futuro puedan seguirse realizando.

1.1. Marco de estudio

Nicaragua, país de grandes lagos y abundantes ríos, está sufriendo el impacto de “El Niño”, debido al efecto del cambio climático. Este fenómeno es el causante del calentamiento de las aguas del Pacífico y que, en Centroamérica, provoca generalmente severas sequías acompañadas de altas temperaturas.

La sequía que vive el país ha afectado principalmente al sector agropecuario y al acceso al agua potable en un amplio territorio.

Debido a las altas temperaturas y a la irregularidad de las lluvias, en muchas comunidades se pierden cosechas y se registran daños importantes en la ganadería, situación que se ve agravada en la época seca y que afecta a la seguridad alimentaria de miles de familias campesinas.

En cuanto a la situación global del sector del agua, de acuerdo con el índice de Pobreza del Agua elaborado por el departamento de economía de la Universidad de Keele del Reino Unido en el año 2005, Nicaragua se situaba en el noveno puesto de los catorce países latinoamericanos calificados (Plan estratégico de agua potable y saneamiento de Paraguay, 2010).

El presente estudio se centra en la ciudad de Camoapa. Esta ciudad (Figura 1) se localiza en el extremo sur del departamento de Boaco.



Figura 1: Localización de Camoapa. Fuente: Google imágenes.

Este municipio tiene una extensión aproximada de 1478 km². Se encuentra a una distancia de 114 km de Managua, la capital del país, y está sobre una meseta que se eleva unos 500 m sobre el nivel del mar.

La ciudad, se divide en 11 barrios, como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1: Conjunto de barrios que conforman la ciudad de Camoapa.

Barrio
Barrio 380
Concepción
El Carmen
Francisco Álvarez
José Dolores
Nuevo Amanecer
Pancasán
Pedro Joaquín
Ramón Obando
Rigoberto
San Martín

Tiene una población de 28000 habitantes aproximadamente, y cuenta con un instituto para enseñanza secundaria, dos escuelas primarias y un centro preescolar. También dispone de un centro de salud. Los tipos de transportes que se utilizan en la ciudad incluyen: caballos, bicicletas, motocicletas, buses, taxis y camiones. El servicio de agua potable es suministrado por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).

Este municipio es muy importante en el sector pecuario, ocupando una importante posición nacional, abasteciendo al mercado local y exportando a los vecinos países centroamericanos. La segunda actividad económica de esta zona es la agrícola. La economía de la zona está basada en la agricultura y la ganadería extensiva.

Durante el año se presentan dos períodos claramente diferenciados, el más fresco (noviembre-enero) y el más caluroso (marzo-junio). La temperatura media anual es de 24 grados, y en general, los comportamientos de la temperatura y de la precipitación siguen las tendencias de la región del pacífico de Nicaragua.

1.2. Identificación de la problemática

Debido a la posición geográfica en la que se encuentra Camoapa, el municipio sufre un clima tropical monzónico caracterizado por fuertes períodos de sequía que, en los últimos años, se han visto agravados por el cambio climático.

A finales de los años 1990 la ciudad contaba con una población de 15.000 habitantes que se proveía de aguas freáticas y superficiales, de pozos y ríos.

El servicio de abastecimiento de agua era deficiente, en cuanto a cantidad y disponibilidad. A esto, hay que sumarle la falta de planificación por parte de ENACAL descuidándose el mantenimiento apropiado y rehabilitación oportuna del sistema de agua potable de esta comunidad.

Por estos motivos, el año 2000 el ayuntamiento de Camoapa, subvencionado principalmente por fuentes europeas, construyó la presa Rocas Morenas, a 10 kms del municipio, con la intención de garantizar el abastecimiento de agua potable a toda la población.

Para construir la presa se tuvo que realizar primero un estudio para determinar la cantidad de población a la que debía abastecer. Para ello se utilizaron los datos poblacionales proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), los cuales fueron empleados para estimar el crecimiento poblacional hasta 2020. Se hizo una proyección de la población a partir de la cifra 10.910 que corresponde al año 1994, iniciándose con una tasa del crecimiento poblacional del 4% hasta el año 2000 y luego se le aplicó la tasa de crecimiento nacional esperada según las estimaciones de PROFAMÍLIA (ONG con 47 años de experiencia en la prestación de servicios integrales de salud).

En la Tabla 2 se presenta la proyección de la población urbana de Camoapa a partir de 1994 hasta el año 2020, según la tasa de crecimiento aplicada a nivel nacional.

Tabla 2: Estimación del crecimiento poblacional de Camoapa del año 1994 al año 2020 según INEC y PROFAMÍLIA. Fuente: Estudio Impacto Ambiental, Proyecto Rocas Morenas

Año	Población	Tasa de crecimiento
1994	10,910	4.00
1995	11,346	4.00
1996	11,800	4.00
1997	12,272	4.00
1998	12,763	4.00
1999	13,274	4.00
2000	13,805	3.50
2001	14,288	3.50
2002	14,788	3.50
2003	15,305	3.50
2004	15,841	3.50
2005	16,396	3.00
2010	19,000	3.00
2011	19,570	3.00
2012	20,157	3.00
2013	20,762	3.00
2014	21,385	3.00
2015	22,026	3.00
2016	22,687	3.00
2017	23,367	3.00
2018	24,068	3.00
2019	24,790	3.00
2020	25,534	

Este cálculo fue erróneo, y el crecimiento de la población fue mayor de lo previsto, alcanzando en 2016 una cifra aproximada de 28200 habitantes, lo que supone un aumento del 20% respecto a lo esperado. A esto, hay que sumarle que la presa no ha recibido un mantenimiento adecuado por parte de ENACAL. El fondo de la presa tiene grandes cantidades de lodo, y la superficie está cubierta de un tipo lechuga acuática llamada *Pistia stratiotes* que absorbe grandes cantidades de agua. Además, la compuerta está estropeada, y no permite que la presa se abra para vaciarla y limpiarla. Es por esto que la capacidad efectiva de la presa se ha visto reducida de forma drástica.

Actualmente, la situación ha llegado a un punto crítico. La falta de agua ha obligado a las autoridades a hacer un racionamiento del recurso en épocas concretas del año, y en algunas ocasiones, a realizar cortes completos del suministro durante varios días.

Por otro lado, se pudo comprobar en primera persona como el agua que se recibía en la casa era de baja calidad, ya que se presentaba sucia, con sedimentos, lo cual hace que no sea apta para el consumo.

Todo esto, indirectamente, agrava otros problemas que tiene la ciudad a nivel económico y social. Al ser una ciudad donde la actividad principal es la ganadería, la falta del recurso hídrico incide directamente en la economía local debido a las necesidades que este sector requiere. Por último, cabe destacar que la crisis del agua contribuye a aumentar las desigualdades sociales y en especial las de género (GWA,2003). A parte del estudio referenciado, también nos basámos en lo que se pudo ver en diferentes hogares, las mujeres y las niñas eran las encargadas de realizar las tareas de la casa, lavar la ropa, limpiar, cocinar... Todas estas tareas se vuelven mucho más complicadas cuando no se dispone de agua que sale por el grifo, y hay que invertir tiempo y esfuerzo en cargar bidones. Además, muchas mujeres trabajaban también fuera de casa, con lo que acaban realizando muchas más horas de trabajo que los hombres.

1.3. Actores principales

En este apartado se presentarán todos los actores que de un modo u otro participaron en el proyecto y sin los cuáles no hubiese sido posible llevar a cabo este estudio.

AUCCOOP: La Asociación Universitarios por la Cooperación (AUCCOOP) fue creada en el 2007 por estudiantes de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones de Barcelona que habían participado en proyectos de cooperación. La asociación participa en proyectos realizados por instituciones tanto públicas como privadas. Esta participación se desarrolla en varias fases, que van desde el diseño hasta la instalación final, y tienen por objetivo ampliar el proyecto inicial y garantizar su continuidad. La asociación no se centra sólo en sus miembros, si no que pretende llegar a toda la comunidad universitaria a través de diferentes actos de sensibilización y formación. Aucoop está abierta a estudiantes con o sin experiencia en cooperación, para convertirse en un espacio de encuentro entre estudiantes, profesores, universidades y financiadores, elementos que se han de buscar y coordinar para desarrollar los proyectos con éxito.

CCD: El Centro de Cooperación para el Desarrollo (CCD) es una unidad de la UPC que tiene la misión de impulsar la implicación activa en cooperación al desarrollo y apoyar la realización de iniciativas en este ámbito por parte de todos los miembros de la UPC. Además, desarrolla una labor de formación y sensibilización sobre esta problemática.

San Just Solidari: La ONG “Sant Just Solidari” nació a partir de la existencia previa de otra entidad que se llamaba “Comissió local d’agermanament”, creada en 1989 con motivo del

hermanamiento de Sant Just Desvern (Barcelona) con Camoapa (Nicaragua). La tarea principal es la gestión de proyectos solidarios con Camoapa. Está constituida por socios y socias de Sant Just Desvern y la Junta Directiva está formada por diez personas que se renuevan cada dos años. A lo largo de su historia “Sant Just Solidari” ha venido trabajando coordinadamente con el Ayuntamiento de Sant Just Desvern, el cual participa activamente en la asociación.

ADM: La Asociación Desarrollo Municipal (ADM) es una organización nicaragüense no gubernamental, sin fines de lucro y autónoma en sus decisiones, que trabaja en la creación y el ejercicio de capacidades para contribuir de manera efectiva al desarrollo local sostenible, al fortalecimiento del espacio municipal (autonomía) y al fomento de actuaciones municipales con visión departamental.

CAPS: Los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) son organizaciones sin fines de lucro, que, de manera voluntaria, tienen a su cargo la administración, operación y mantenimiento del servicio de agua potable y saneamiento de algunas comunidades.

El Porvenir: El Porvenir es una organización nicaragüense que desde 1990 ha trabajado mano a mano con las familias rurales de Nicaragua para construir pozos, sistemas de agua por gravedad y bombeo eléctrico, letrinas, baños y lavaderos comunitarios, así como en la protección de cuencas. El Porvenir inició sus trabajos en las comunidades rurales con grupos de voluntariado estadounidenses que tenían interés en el trabajo de desarrollo rural y en poder experimentar la vida comunitaria.

Hogar Luceros del Amanecer: El Hogar Luceros del Amanecer es una iniciativa que se empieza a desarrollar a principios de 2005 en el municipio de Camoapa. Nace como respuesta a las preocupaciones y gestiones de diferentes actores de la sociedad civil y organizaciones involucradas en la atención y seguimiento a la problemática que aquejan a los sectores más vulnerables de la sociedad. La niñez y sus familias que viven en condiciones deplorables son los que centran su actuación. Esta organización se encarga de brindar asistencia a unos cincuenta niños y niñas, ofreciéndoles los servicios básicos de alimentación, educación, seguimiento escolar, asistencia pediátrica y odontológica y los servicios complementarios de atención social y psicológica, además de las actividades de fortalecimiento familiar.

Juventudes Sandinistas: Grupo de jóvenes organizados políticamente bajo el mando del partido sandinista, que participa activamente en diversas actividades de los diferentes municipios de Nicaragua.

2. Objetivos

El objetivo general del proyecto de cooperación en el cual se enmarca este trabajo final de grado es, en la medida de lo posible, mejorar la calidad de vida de la comunidad del municipio de Camoapa, incidiendo en el abastecimiento y la calidad del agua potable, así como en el fortalecimiento de la capacidad organizativa y de gestión alrededor de las problemáticas del recurso hídrico.

Teniendo en cuenta los aspectos políticos, técnicos, económicos, ambientales y socioculturales de este entorno de estudio, los objetivos de este trabajo final de grado son:

- Localizar los puntos de abastecimiento de agua más relevantes de Camoapa y realizar análisis físico-químicos y bacteriológico para conocer las características del agua que llega a la ciudad.
- Recoger información y elaborar un estudio estadístico sobre diferentes aspectos relevantes relacionados con el agua en los distintos barrios de la ciudad.
- Construir e implementar un filtro de arena lento casero en el Hogar Luceros del Amanecer y capacitar a los actores locales sobre su funcionamiento y mantenimiento.

3. Material y métodos

3.1. Análisis físico-químicos y bacteriológicos

Las fuentes de agua analizadas, han sido:

- Cinco pozos urbanos (únicamente se analizaron los que son utilizados para consumo)
- Los 3 ríos que abastecen la presa Rocas Morenas, el Cackla, el Mombacho y el Boacco Viejo
- La presa Rocas Morenas
- Botellones, barriles y pichingas¹ que son los distintos tipos de recipientes que contienen agua y se venden en Camoapa
- El filtro de arena lento casero que se construyó
- El agua de las tuberías de la casa donde nos alojamos durante la realización del trabajo de campo

Los parámetros físico-químicos analizados, han sido, Dureza, pH, Nitrato (NO_3^-), Nitrito (NO_2^-) En el estudio bacteriológico realizado, únicamente se ha analizado la presencia o ausencia de *Escherichia coli*.

A continuación, se hará una breve explicación sobre cada uno de estos parámetros y cuáles son los valores que no deberían sobrepasarse para que el agua sea potable (Tabla 3), según valores de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2004).

Dureza

La causa principal del agua dura es la presencia de carbonato de calcio. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza. No obstante, el grado de dureza del agua puede afectar a su aceptabilidad por parte del consumidor en lo que se refiere al sabor. La primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicadas en 1985 (OMS, 1985) concluyó que no existían pruebas sólidas de que el consumo de agua dura provocara efectos adversos en la salud de las personas y que, por tanto, no era necesaria ninguna recomendación relativa a la restricción del ablandamiento de las aguas municipales ni al mantenimiento de una concentración residual mínima de calcio o magnesio. Se estableció un valor de referencia de 500 mg/l de carbonato cálcico, (que es equivalente a expresarlo en partes por millón) basado en consideraciones sobre el sabor y el uso doméstico. La aceptabilidad por parte de la población del grado de dureza puede variar considerablemente de una comunidad a otra, según las condiciones locales; los consumidores toleran, únicamente en algunos casos, el sabor del agua con una dureza mayor que 500 mg/l.

Nitrito y nitrato

El nitrato y el nitrito son iones de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas, o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares. En la mayoría de los países, las concentraciones de nitrato en aguas de consumo procedentes de aguas superficiales no superan los 10 mg/l, aunque los niveles de nitrato en agua de pozo superan con frecuencia los 50 mg/l. Las concentraciones de nitrito suelen ser menores,

¹ Pichinga: Recipiente de agua con una capacidad de 40 litros

inferiores a unos pocos miligramos por litro. Las Guías de calidad del agua de 1995 (OMS,1995) llegaron a establecer que los valores aptos para el consumo de agua debían ser iguales o menores a 50 mg/l para el nitrato y a 3 mg/l para el nitrito.

pH

Se trata de una unidad de medida de alcalinidad o acidez, más específicamente el pH mide la cantidad de iones de hidrógeno que contiene una solución determinada.

Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, siendo su valor óptimo generalmente de 6,5 a 9,5 (OMS, 2003).

Bacterias coliformes

Estas bacterias no están naturalmente presentes en las aguas subterráneas y son un indicador de que más organismos dañinos pueden estar presentes. El coliforme fecal y la *E. coli* son subgrupos dentro del ColiformeTotal que se originan en las heces de animales de sangre caliente. La presencia de *E. coli* indica que el agua ha sido expuesta a heces y existe un inmediato riesgo para la salud humana (Sigler y Bauder, 2018). El agua de consumo ha de tener una ausencia total de *E.coli* (College of Agriculture and Life Science, 2010).

Tabla 3: Límites de los parámetros fisicoquímicos aceptados por la OMS para el agua de consumo.

Concepto	Unidades	Valores OMS
pH	--	6,5-9,5
NO ₂ ⁻	mg/l	<3
NO ₃ ⁻	mg/l	<50
Dureza	mg/l	<500
<i>Escherchia coli</i>		Presencia/Ausencia

Para realizar todos estos análisis se procedió a la compra de diverso material (en la empresa Zaiho) del cual se hace una breve explicación sobre sus características y su metodología de utilización.

Kit de dureza: Este kit permite analizar fácilmente, en un minuto, la dureza del agua. Está compuesto de 2 tubos que contienen 6 tiras cada uno. Luego tiene otro tubo donde se recogen las muestras de agua, y un tríptico que nos indica la dureza en función del color de la tira. Es necesario introducir una de las tiras en la muestra de agua, y al cabo de un minuto se saca, y a continuación se compara el color de la tira con el del tríptico.

Kit de detección de bacterias coliformes: Este kit permite determinar la presencia o ausencia de bacterias coliformes. Cada test está formado por un tubo de ensayo que contiene un reactivo en polvo. Se mezcla el polvo con el agua que se quiere analizar, y se deja a temperatura ambiente durante 48 horas. El color que se obtenga nos indicará si el agua contiene o no coliformes. Este kit tan sólo contenía 3 muestras para realizar 3 análisis.

Kit de pH: Este kit permite realizar 40 análisis de pH. Formado por 40 tiras de pH (cada una de ellas tiene una escala de colores, que nos indica el pH del 1 al 12) y un tubo de ensayo para recoger las muestras que se quieren analizar. El procedimiento de uso es muy similar a los tests anteriores; se recoge la muestra de agua en el tubo, se introduce la tira, se saca y se espera un

minuto. El color de la tira nos indicará el nivel de pH. Los test para nitritos y nitratos se compraron en Urban natura.

Salifert test de nitritos (NO_2^-): El kit puede realizar aproximadamente 60 mediciones. El primer paso es añadir 1 ml de agua en un tubo. A continuación, se añade una cucharada con 12 gramos de polvo NO_2^- . Se agita durante 20 segundos y se deja reposar la muestra durante tres minutos. Por último, se coloca el tubo encima de una carta de colores. Esta carta de colores varía en función de la cantidad de NO_2^- presente en el agua, aumentando la tonalidad de los colores a medida que aumenta la cantidad de NO_2^- . Es muy importante que el tubo se coloque en la parte blanca de la carta y desde arriba se compare con los distintos tonos para determinar el resultado.

Salifert test de nitratos (NO_3^-): El kit puede realizar aproximadamente 60 mediciones. Primero se añade 1 ml de agua un tubo. En segundo lugar se añaden 4 gotas del reactivo de NO_3^- -1 y se agitan vigorosamente durante 20 segundos. El tercer paso consiste en añadir una cucharada con 12 gramos del reactivo NO_3^- -2 en polvo. A continuación, se agita suavemente durante 30 segundos y se dejar reposar durante 3 minutos. Por último, se coloca el tubo encima de una carta de colores. Esta carta de colores varía en función de la cantidad de NO_3^- presente en el agua, aumentando la tonalidad de los colores a medida que aumenta la cantidad de NO_3^- . Es muy importante que el tubo se coloque en la parte blanca de la carta y desde arriba se compare con los distintos tonos para determinar el resultado.

Todos estos análisis se realizaron con la colaboración de dos ingenieros agrónomos de El Porvenir, quienes nos ayudaron a tomar las muestras y nos llevaron a los distintos puestos donde fueron tomadas. En cada punto se tomaron 4 muestras, para analizar NO_2^- , NO_3^- , pH y dureza (los análisis bacteriológicos se reservaron para analizar el filtro de arena lento casero, el agua de las tuberías de casa y uno de los recipientes de agua del tipo pichinga).

En la Figura 2 se muestra la localización de los puntos de muestreo de los ríos (en azul) y la presa (en rojo), mientras que en la Figura 3, se muestran los pozos urbanos. Los puntos 1 y 5 de la Figura 3 se han descartado del estudio debido a que las muestras no fueron tomadas correctamente. Para los otros puntos se tiene la ubicación exacta:

2. Río Cakla. Coordenadas geográficas CGS en el sistema WGS84: 12.4346-85.5305
3. Río Mombacho. Coordenadas geográficas CGS en el sistema WGS84: 12.4439-85.5292
4. Río Boaca Viejo. Coordenadas geográficas CGS en el sistema WGS84: 12.4481-85.5275
6. Presa Rocas Morenas. Coordenadas geográficas CGS en el sistema WGS84: 12.4421-85.5158



Figura 2. Puntos de muestreo de los ríos (azul) que abastecen la presa (rojo) y de la presa misma. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3 se muestran todos los pozos urbanos de la ciudad, pero en este estudio, únicamente se han analizado los que son utilizados para beber agua, y que son los 5 que se mostrarán a continuación con su ubicación exacta:

1. Pozo Pedro Joaquín. Coordenadas geográficas CGS en el sistema WGS84: 12.3799-85.5165
2. Pozo de la Escuela Agustí Miranda de Quezada. Coordenadas geográficas CGS en el sistema WGS84: 12.3823-85.5174
3. Pozo San Martín. Coordenadas geográficas CGS en el sistema WGS84: 12.3823-85.5235
4. Pozo Las Pencas. Coordenadas geográficas CGS en el sistema WGS84: 12.3766-85.5326
5. Pozo Las Pencas II. Coordenadas geográficas CGS en el sistema WGS84: 12.3808-85.5298

Hay otros pozos que sólo se utilizan para realizar tareas domésticas, y por ejemplo, el número 7 (color marrón) ya no se encontraba operativo en el momento de la realización del estudio de campo.



Figura 3. Pozos urbanos de la ciudad de Camoapa. Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Encuestas

Para obtener una estimación aproximada de la percepción que tienen los habitantes de Camoapa sobre la calidad del servicio de agua y su abastecimiento, se realizaron una serie de encuestas por toda la ciudad, evitando criterios específicos o sesgados para asegurar la aleatoriedad en el muestreo.

Cabe destacar que sí que se aseguró la proporcionalidad del muestreo entre el número de encuestas a realizar en cada barrio y el número de habitantes del mismo. En cuanto a la estimación de la población total de la urbe y su estratificación por barrios, se tomó como referencia la población del censo de 2005 (ya que no se pudo obtener la del censo de 2016) y se le aplicó la tasa de crecimiento estimada de 0,5 hasta 2010 y de 0,3 hasta 2016 (información que se obtuvo en el ayuntamiento de Camoapa gracias a la colaboración de las Juventudes Sandinistas). También se realizó la correspondiente distribución de población por barrios.

Una vez calculada la población en cada barrio, se calculó el número de familias que vivían en ellos. Debido a que no existían estudios fiables sobre el número medio de personas que vivían por vivienda, se decidió tomar la media nacional, que según el estudio realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos “Cifras oficiales, censos Nacionales” (INEC,2006) es de 5 componentes. Así mismo, al valor obtenido para el número de encuestas a realizar se le aplicó un coeficiente de seguridad del 10% para contrarrestar una posible variabilidad en las estimaciones. Con todos estos datos, y debido al tiempo y a los recursos humanos disponibles, se decidió realizar encuestas al 10 % de las familias de cada barrio seleccionadas al azar. A pesar de esta planificación inicial, en algunos barrios no fue posible realizar todas las encuestas deseadas por falta de tiempo.

El objetivo principal de realizar el mismo porcentaje de encuestas en cada barrio (aparte de obtener una muestra heterogénea) era tener una buena representación de cada uno de los barrios y poder analizar si existían diferencias significativas entre ellos en cuanto al servicio del agua. En la Tabla 4, se puede ver el número total de encuestas realizadas en cada barrio.

Tabla 4: Número de encuestas realizadas en los distintos barrios, teniendo en cuenta la población, el número de familias y aplicándole un coeficiente de seguridad.

Barrios	Población por barrio	Número de familias (media 5 personas por familia)	Coeficiente de seguridad del 10%	Número de encuestas a realizar	Encuestas realizadas
San Martín	5047	1009	1110	111	112
Pedro Joaquín	4962	992	1091	109	49
Gaspar	1654	331	363	36	30
Ramón Obando	2009	402	441	44	10
Pancasán	2020	404	444	44	46
Francisco Álvarez	1919	384	422	42	49
Nuevo Amanecer	781	156	171	17	17
Concepción	4807	961	1057	106	88
Rigoberto	1687	337	371	37	41
José Dolores	2481	496	545	55	59
Barrio 380	776	155	170	17	17
Total	28142	5628	6191	619	518

Las preguntas que configuran la encuesta (Tabla 5) fueron realizadas por ADM y las Juventudes Sandinistas. Una vez obtenidas todas las respuestas en papel, se transcribieron en una hoja de cálculo (Excel) y se transfirieron al programa estadístico Minitab para su análisis estadístico. Aparte de resúmenes gráficos y numéricos, se utilizaron métodos estadísticos para llevar a cabo una comparación entre los 11 barrios de la ciudad de Camoapa. Para la inferencia estadística se fijó un nivel de significación del 5%.

Atendiendo al hecho de que existen conjuntos de preguntas que profundizan sobre aspectos concretos, las 21 preguntas de que consta la encuesta se han agrupado en 7 grupos distintos:

Grupo 1: Especificaciones técnicas de la encuesta

Grupo 2: Características de la fuente que utiliza normalmente

Grupo 3: Poder adquisitivo de la familia (con gasto y consumo)

Grupo 4: Consumo extra de agua

Grupo 5: Percepción sobre el recurso hídrico

Grupo 6: Manipulación del agua

Grupo 7: Concienciación sobre el uso del agua

Tabla 5: Encuesta distribuida en los diferentes barrios.

Especificaciones de la encuesta

Barrio: ...

Fecha: ...

Nombre del encuestado: ...

Nombre del encuestador: ...

Características de la fuente

1. ¿Dispone de fuente de agua? Sí / No

2. ¿Qué tipo de fuente de agua dispone? Tuberías / Pozo / Tuberías y pozo

3. La fuente de agua de que dispone es? Privada / Comunal

4. La Fuente de agua que dispone es:

Permanente / Temporal / Permanente y temporal

Poder adquisitivo

5. Dispone de: Radio / Tv / Celular / Refrigerador / Vehículo propio

Gasto y consumo

6. ¿Es usted abonado al servicio de ENACAL? Sí/No

7. ¿Cuánto paga en córdobas por el servicio de agua que le brinda ENACAL?

10-50 / 51-100 / 101-150 / 151-200 / 201-250 / 251-300

8. ¿Usted compra agua de otra fuente? Sí/No

9. ¿Cuántos botellones de agua compra a la semana?

1-3 / 4-6 / 6-9 / 10-12 / 13-15

10. ¿Cuántas pichingas de agua compra a la semana?

1-3 / 4-6 / 6-9 / 10-12 / 13-15

11. ¿Cuántos barriles de agua compra a la semana?

1-3 / 4-6 / 6-9 / 10-12 / 13-15

Consumo extra

12. ¿Posee animales?

Bovinos o porcinos / Aves / Equinos / Caninos / Conejos / Otros / No

13. ¿Riega plantas o cultivos? Sí / No

Percepción

14. ¿Cómo fue el invierno del año pasado?

Bueno / Regular / Malo / Pésimo

15. ¿Experimentó problemas de abastecimiento de agua este verano? Sí / No

16. ¿Por qué considera usted que han tenido problemas de agua?

Basura / Despale / Quemas / Falta de mantenimiento de las infraestructuras / Otros

Manipulación

17. ¿Dónde almacena el agua?

No almaceno / Botellas / Cubo o bidón / Barril / Pila

18. ¿Qué hacen para asegurar la calidad del agua?

Nada / Hervir / Clorar / Filtrar / Poner al sol / Carbón activo

Concienciación

19. Si tuviera la oportunidad de proteger las fuentes de agua, ¿lo haría? Sí / No

20. ¿De qué manera apoyaría?

Sembrando árboles / No tiraría materiales contaminantes / No tiraría basura

21. ¿Le gustaría participar en una campaña medioambiental? Sí / No

3.3. Filtro de arena lento casero

Utilidad

El filtro de arena lento casero es utilizado para la purificación de agua (Bruni y Spuhler, 2018). Sirve para tratar aguas con alta carga de materia orgánica, sedimentación y bacterias. Este dispositivo en concreto, consiste en dos bidones rellenos de distintas capas de arena y piedras (Figura 4), unidos mediante una manguera; el primer bidón se encarga de eliminar gran parte de la sedimentación, mientras que en la parte superior del segundo bidón se forma una biopelícula de distintas bacterias, rotíferos y protozoos. A medida que el agua pasa por esta capa, el material orgánico soluble es absorbido y las bacterias son retenidas en las capas de arena; con lo que el agua que sale por el grifo es apta para el consumo.

A continuación, se hace una explicación muy detallada sobre el material utilizado, las herramientas y el método de construcción del filtro de arena lento casero con el fin de que pueda servir como guía de construcción para comunidades de Camoapa interesadas, facilitando así la posibilidad de replicar o producir alguna otra unidad. En la Figura 5 se puede observar uno de los pasos para su fabricación.

Material para la fabricación del filtro de arena lento casero

- 2 bidones de 200 litros mínimo cada uno
- Bridas de media pulgada
- 3 válvulas de media pulgada
- 1 canilla de media pulgada
- Sellaroscas
- 1,4 metros de manguera transparente de media pulgada



Figura 4. Bidones utilizados para la construcción del filtro. Autor: Guillem Sol

Herramientas

- Rotulador
- Taladro

- Silicona
- Compás
- Regla y cartabón
- Sierra circular
- Tijeras



Figura 5. Realización de agujeros en la tapa de uno de los bidones. Autor: Guillem Sol

Método de construcción

Paso 1: Abrir los bidones y lavarlos.

Paso 2: Realizar los agujeros con una sierra metálica (Figura 6) de media pulgada al rojo vivo. En el primer bidón el agujero para el desagüe de la limpieza estará a 5 cm de la base, mientras que el correspondiente a la manguera que conecta ambos bidones estará a 7 cm de altura y en el lado opuesto. En cuanto al segundo bidón, el agujero correspondiente a la manguera transparente que unirá los dos bidones, se realizará a 7 cm del borde superior, el de desagüe de limpieza a 5 cm de la base y el del grifo a 10 cm.



Figura 6. Realización de uno de los agujeros del bidón. Autor: Guillem Sol

Paso 3: Colocación de las bridas en los cinco agujeros. Para asegurar que no pierda agua, añadir sella roscas en el contacto bidón-brida.

Paso 4: Colocar válvulas en las salidas de desagüe de limpieza (bridas 1 y 4) y el grifo en la salida del segundo bidón (brida 5). En la salida del agua del primer bidón (brida 2) se colocará una válvula seguida de una espiga macho, mientras que en la entrada al segundo (brida 3) se pondrá únicamente una espiga macho (Figura 7).



Figura 7. Colocación de una espiga macho en uno de los bidones. Autor: Guillem Sol

Paso 5: Para evitar que se cuelen piedras por la manguera, colocar tela de mosquitera o algún otro material parecido a modo de rejilla en los agujeros.

Paso 6: Calentar la manguera (para facilitar su colocación) y unirla a las espigas macho de ambos bidones.

Paso 7: Una vez contruidos los filtros, viene una de las partes más importantes, la de limpiar las distintas capas de arena y piedra. Es muy importante que estén bien lavadas, porque si no el filtro no realizará correctamente su función y además su vida útil se verá muy reducida. Para el lavado, se separarán las distintas capas en cubos, cómo se puede ver en la Figura 8. Se cogerá un recipiente más pequeño, una cantidad pequeña de arena y se lavará con agua entre 7 y 8 veces, hasta que el agua salga completamente transparente. Una vez salga transparente, se pondrá en un barril limpio, y se repetirá el proceso hasta que todas las capas estén limpias.



Figura 8. Capas de arena y piedra utilizadas para la construcción del filtro. Autor: Guillem Sol

Paso 8: El primer bidón se colocará sobre un soporte a una altura de 30 cm respecto al otro.

Paso 9: Para evitar el efecto ciclope (ocurre cuando el agua cae a chorro directamente sobre un punto y crea un agujero, evitando que se cree la biopelícula) se realizarán agujeros de forma homogénea en una tapa y esta se colocará encima de la capa de arena del segundo bidón.

Paso 10: Se colocarán las capas de arena y piedras de la siguiente manera (de arriba a abajo) como indica la Tabla 6.

Tabla 6: Material utilizado para las distintas capas que conforman el filtro de arena lento.

Primer bidón		
Capa 2	2 cm > Piedrín > 1 cm	30 cm
Segundo bidón		
Capa 4	Arena < mm	40 cm
Capa 3	1 cm > Arenisca > 1 mm	20 cm
Capa 2	2 cm > Piedrin > 1 cm	10 cm
Capa 1	Piedra gruesa > 2 cm	10 cm

Mantenimiento

1. Durante la primera semana hacer correr el filtro para que se forme una biopelícula en la capa superior de la arena del segundo bidón para que el filtro sea totalmente efectivo.
2. En cada cambio de estación (4 veces al año) dejar secar la primera capa de arena y retirar la biopelícula del segundo tacho. Reponer después con arena limpia y fina.
3. Cuando el filtro vaya a estar más de 1 semana sin ser usado, abrir las válvulas de desagüe para vaciarlo para que no quede agua estancada.
4. Mantener siempre los filtros tapados con la tapa para evitar que caigan cosas dentro o que entren animales.
5. El objetivo del primer tacho es retener gran parte de las partículas en suspensión que lleva el agua (agua turbia). Cuando haya demasiado sedimento y el agua pase turbia al segundo tacho, éste debe ser vaciado y retiradas las piedras, lavarlas con agua y depositarlas de nuevo en el interior del tacho.
6. La manguera transparente con el tiempo se pone verde. Lavarla con lavandina con un trapo y un alambre o como se crea más conveniente.

3.4. Organización del trabajo

El trabajo se divide en tres fases claramente diferenciadas, fase previa, fase de actuación y fase posterior al trabajo realizado en el terreno.

La primera fase empieza a principios de 2016, cuando se contacta primero con el Hogar Luceros del Amanecer y después con el resto de organizaciones que finalmente terminarían colaborando

de uno u otro modo en el proyecto. En esta fase se definen todas las actividades que se van a llegar a cabo, los objetivos que se pretenden alcanzar y se presentan ante el CCD de la UPC, con el propósito de obtener la financiación necesaria para realizar el proyecto. Esta primera parte finaliza a mediados de junio de 2016, cuando el proyecto es aceptado.

La segunda fase se realiza ya en Camoapa, donde durante 6 semanas (del 15 de julio de 2016 al 25 de agosto de 2016) se ponen en práctica todas las actividades previamente definidas y se recopila toda la información necesaria para poder trabajar posteriormente.

Por último, una vez de vuelta a Barcelona y con toda la información obtenida, en la tercera fase se realiza primero un breve informe que es enviado a ADM para que se presente en Panamá, en el foro panamericano sobre el agua, y posteriormente, se prepara este trabajo final de grado.

4. Resultados y discusión

Los resultados con su consecuente discusión se presentarán atendiendo a los distintos contenidos de las acciones llevadas a termino en el siguiente orden:

- i. Análisis de los datos recogidos con las encuestas realizadas y la construcción de índices o indicadores para resumir y compactar parte de la información.
- ii. Filtro de arena lento casero construido.
- iii. Análisis físico-químicos y bacteriológico de los distintos lugares representativos, junto con la información recogida en la presa Rocas Morenas.
- iv. Difusión de los resultados obtenidos.

4.1. Análisis de los datos recogidos con las encuestas realizadas

En este apartado vamos a presentar los resultados obtenidos de cada una de las preguntas que configuraron la encuesta realizada a los habitantes de la ciudad de Camoapa.

Se puede observar como prácticamente la totalidad de la población de la ciudad de Camoapa disponen de una fuente de agua de la cual abastecerse (ya sea mediante pozos o tuberías) siendo Rigoberto López y Ramón Obando los dos barrios con más desabastecimiento, con aproximadamente un 15 % de familias (estas familias se ven obligadas a comprar agua embotellada). En esta pregunta solo se tiene en cuenta si se dispone o no de una fuente, ya que debido a la crisis que ha sufrido la ciudad respecto al agua, muchas veces estas fuentes no funcionan, y por lo tanto muchas familias, a pesar de disponer de una fuente de agua, tienen que buscar métodos alternativos para cubrir sus necesidades.

“¿Dispone de fuente de agua?”

La Figura 9 muestran los resultados de esta pregunta.

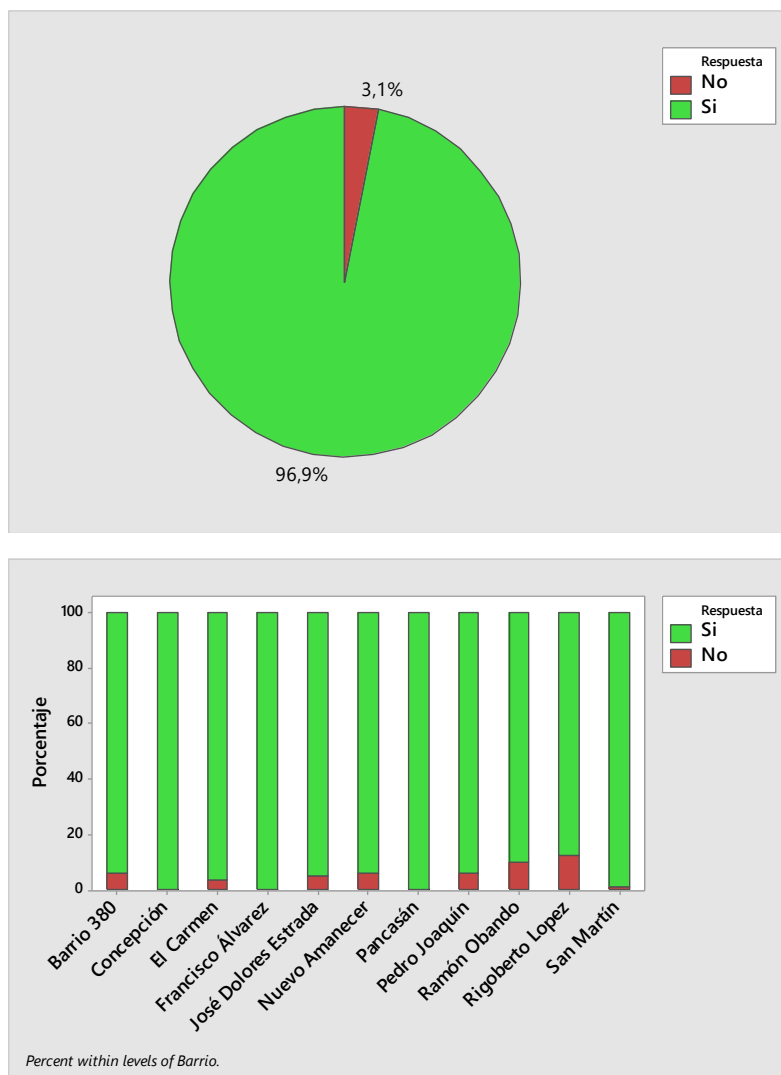


Figura 9: Respuesta a la pregunta “¿Dispone de fuente de agua?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

“¿Qué tipo de fuente de agua dispone?”

La Figura 10 muestran los resultados de esta pregunta.

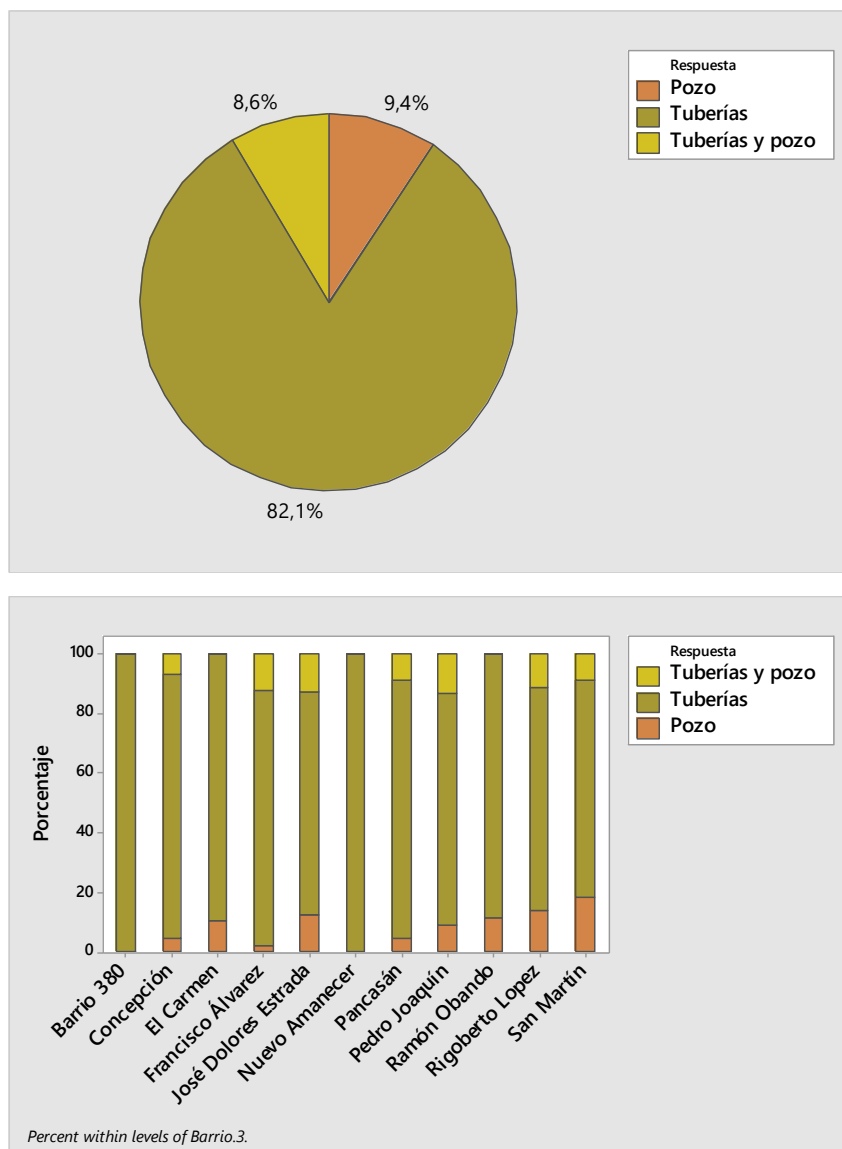


Figura 10: Respuesta a la pregunta “¿Qué tipo de fuente de agua dispone?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

En Camoapa, la población puede obtener agua de diversas formas. Una de ellas es comprarla directamente de forma embotellada a una empresa privada, ya que de esta forma el suministro es constante y no depende de factores como la climatología o el estado de la presa y las instalaciones. La otra es mediante pozos y tuberías. Como se verá más adelante, los pozos y tuberías pueden ser tanto privados, es decir, abastecen a una sola familia, o comunales, cuando abastecen a un conjunto de casas. Como se puede observar en la Figura 10, la mayor parte de la población dispone de tuberías. Este agua proviene de la presa Rocas Morenas, y se recibe directamente en casa (aunque durante largas temporadas hay cortes de suministro, y en muchas ocasiones, cuando llega, llega con grandes cantidades de sedimentos que hacen que no pueda utilizarse). Los pozos se abastecen gracias al agua subterránea del municipio. El barrio de San Martín es el que dispone de una mayor cantidad de pozos, mientras que hay barrios como Nuevo Amanecer y el Barrio 380, que no disponen de ellos.

“¿La fuente de agua de que dispone, es privada o comunal?”

La Figura 11 muestran los resultados de esta pregunta.

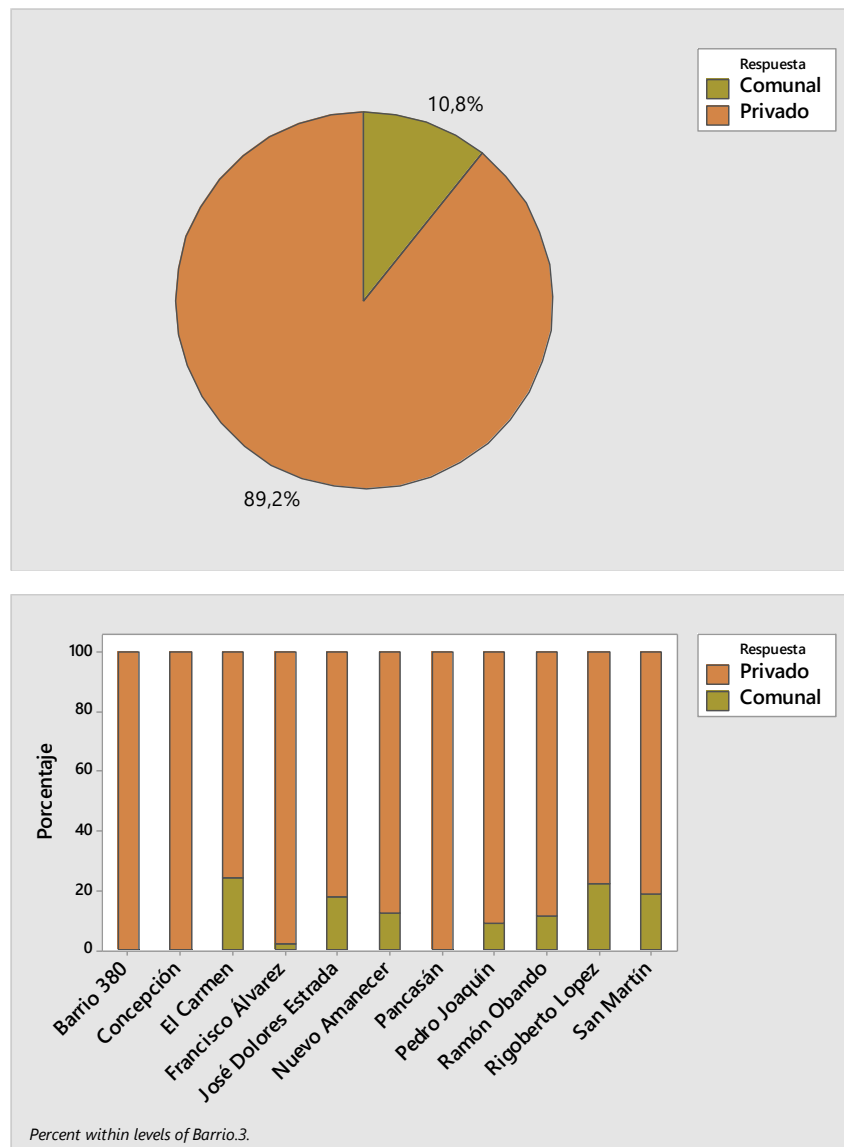


Figura 11: Respuesta a la pregunta “¿La fuente de agua de que dispone es, privada o comunal?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

La fuente de agua puede ser privada, es decir, la familia recibe el suministro directamente en su casa, ya sea mediante tuberías o un pozo privado, o comunal, en cuyo caso, un grupo de familias comparten una misma fuente de suministro (pozos comunales). En todos los barrios, las fuentes privadas son las mayoritarias, siendo prácticamente el 90% en el conjunto de la ciudad. Los barrios que disponen de un mayor número de fuentes comunales, son El Carmen y Rigoberto López, superando el 20 % en ambos casos.

“¿Esta fuente de agua es, permanente, permanente y temporal o temporal?”

La Figura 12 muestran los resultados a esta pregunta.

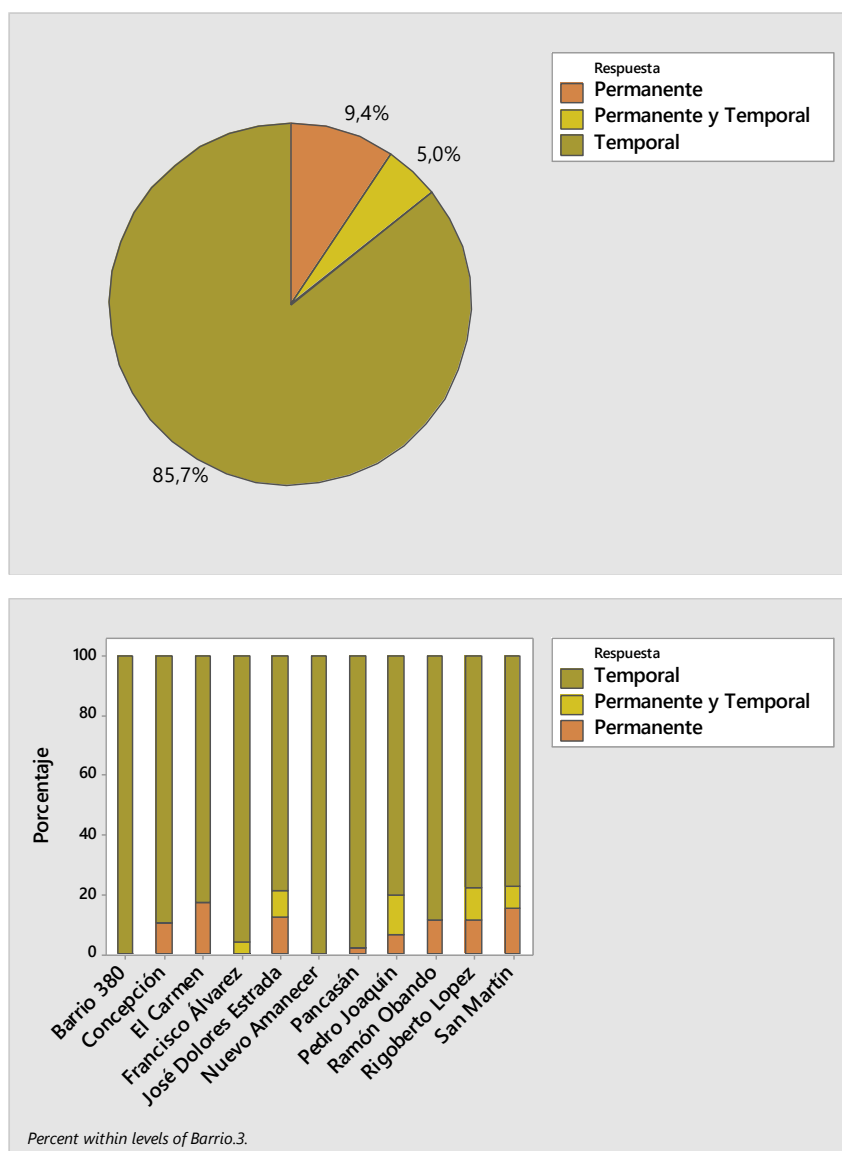


Figura 12: Respuesta a la pregunta “¿Esta fuente de agua es temporal, permanente y temporal o permanente?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

Dependiendo del tipo de fuente de agua del que se disponga, esta puede ser temporal o permanente, es decir, se dispone de agua en determinados momentos concretos, o se dispone de ella siempre sin ninguna restricción horaria. Las únicas familias que pueden tener fuentes permanentes, son aquellas que poseen pozos privados, ya que los pozos comunales no están abiertos las 24 horas del día, y todas las tuberías sufren cortes de agua. Como se puede observar, en los Barrio 380 y Nuevo Amanecer todas las fuentes son temporales, ya que como se ha visto en la Figura 10, son los únicos barrios que no disponen de pozos. También puede darse el caso de familias que dispongan de fuentes tanto permanentes y temporales a la vez, esto significa que disponen de un pozo privado en el cual disponen de agua de forma permanente y además disponen de tuberías o tienen acceso a pozos comunales donde el agua llega de forma temporal. Se puede observar como los barrios Pedro Joaquín, Rigoberto López, San Martín y José Dolores son los que disponen de un mayor número de fuentes permanentes y temporales.

“Dispone de: Radio/Tv/Celular/Refrigerador/Vehículo propio

La Tabla 7 muestran los resultados (en porcentaje) a esta pregunta.

Tabla 7: Dispone de: Radio/Tv/Celular/Refrigerador/Vehículo propio? (%)

	Radio	Televisión	Móvil	Nevera	Vehículo propio
Barrio 380	56,3	75,0	75,0	50,0	12,5
Concepción	19,3	72,0	69,3	47,7	14,8
El Carmen	83,3	83,3	86,7	76,7	20,0
Francisco Álvarez	42,9	93,9	93,9	77,6	36,7
José Dolores Estrada	62,7	81,4	72,9	54,2	13,6
Nuevo Amanecer	52,9	94,1	88,2	52,9	5,9
Pancasán	89,1	95,7	93,5	73,9	32,6
Pedro Joaquín	81,6	93,9	89,8	69,4	24,5
Ramón Obando	40,0	40,0	50,0	50,0	0
Rigoberto López	75,6	85,4	82,9	73,2	34,1
San Martín	54,4	80,4	75,0	53,6	4,5
Total ciudad	59,8	81,4	79,7	61,7	18,0

En las encuestas se recopiló información sobre algunas posesiones de los encuestados (Tabla 7). A partir de aquí, se ha establecido un coeficiente para cada objeto (radio=0,05/televisión=0,1 móvil=0,1/nevera=0,25/vehículo propio=0,5) con la intención de construir un índice tecnológico en el cual se establece una relación entre este índice y el poder adquisitivo de las familias. Se puede suponer que a mayor índice tecnológico, mayor poder adquisitivo. Luego se ha hecho una media ponderada con la intención de hacerse una idea sobre el nivel adquisitivo medio en los distintos barrios. La información obtenida se recoge en la Figura 13.

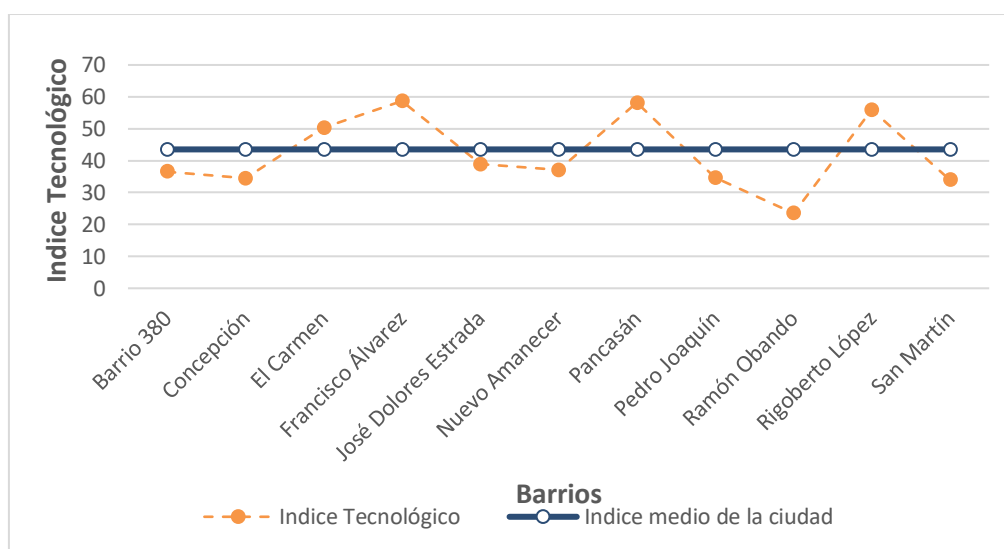


Figura 13: Índice tecnológico por barrios.

“¿Es usted abonado del servicio ENACAL?”

La Figura 14 muestran los resultados a esta pregunta.

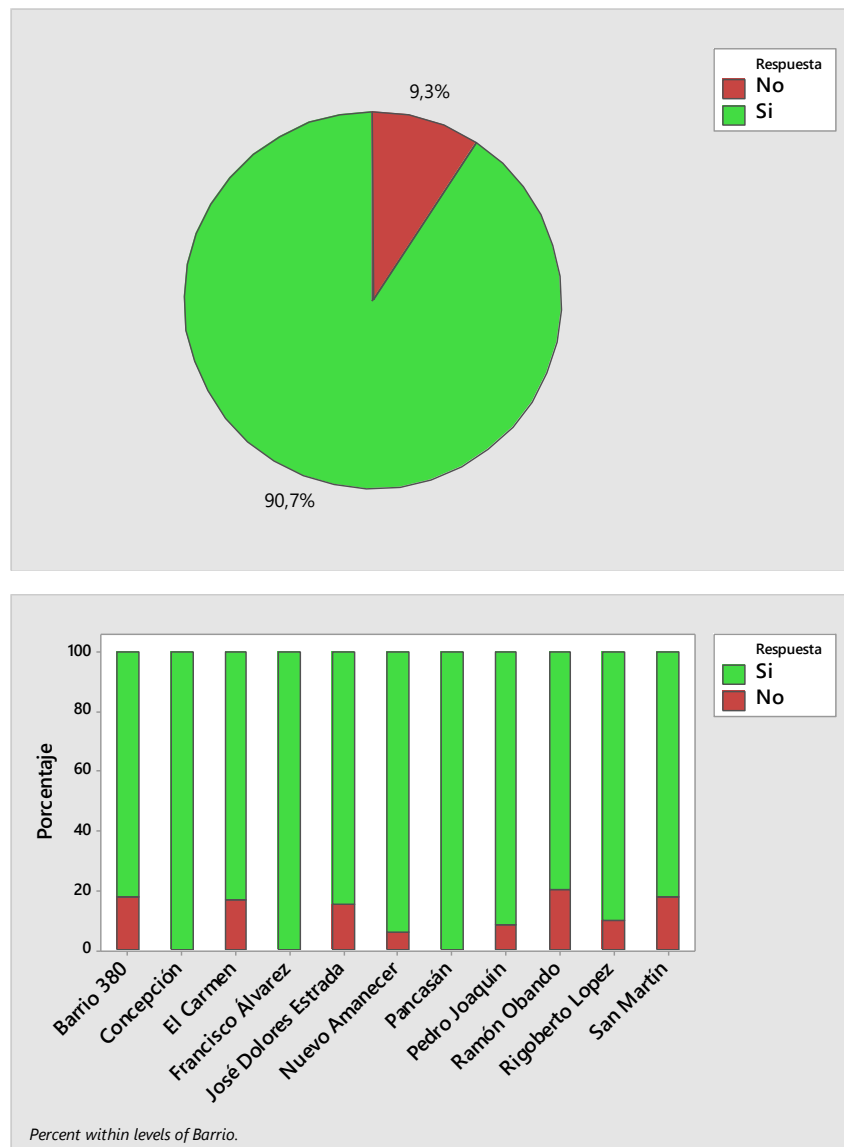


Figura 14: Respuesta a la pregunta “¿Es usted abonado del servicio ENACAL?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

La empresa encargada del suministro del agua a través de tuberías es ENACAL. En la Figura 14 se puede ver como prácticamente la totalidad de la población está abonada a este servicio, siendo menos del 10 % los que no están abonados. Existen dos motivos por los cuales hay familias que no disponen de este servicio. El primero es que ENACAL no es capaz de gestionar sus recursos para llevar agua a todas las zonas de la ciudad, y hay casas de determinados barrios que directamente no disponen de tuberías. El segundo es que la deficiencia en el servicio no lo hace atractivo para algunas familias ya que las tarifas se tienen que pagar de forma regular, incluso cuando no llega el agua en semanas.

“¿Cuánto paga en córdobas por el servicio que le brinda ENACAL?”

La Figura 15 muestran los resultados a esta pregunta.

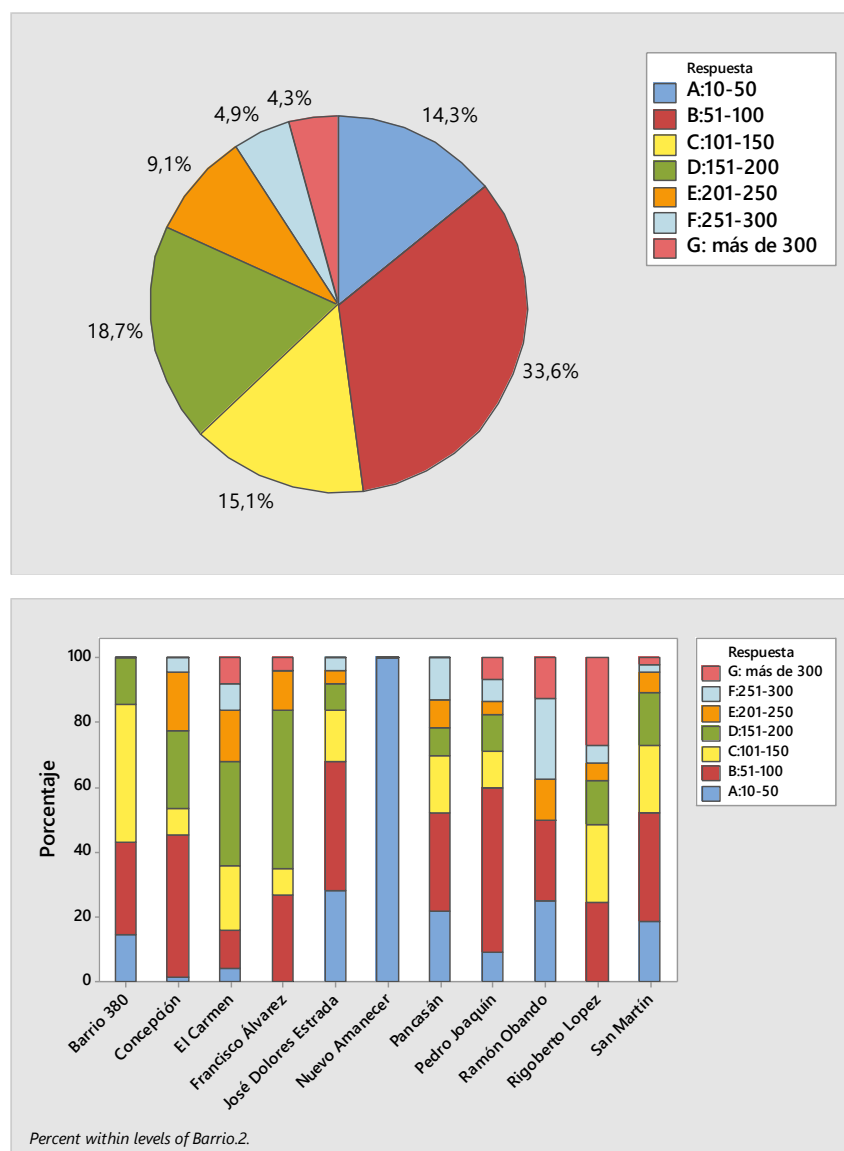


Figura 15: Respuesta a la pregunta “¿Cuánto paga en córdobas por el servicio que le brinda ENACAL?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

Dentro del servicio que proporciona ENACAL existen diversas tarifas, en función del consumo. Se puede ver como entre barrios, esta, varía bastante. Según los datos analizados, la tarifa B de 50 a 100 córdobas es la más económica que se encuentra en todos los barrios, excepto en el barrio Nuevo Amanecer, en el que solo se ha reportado la tarifa A (se ignora el motivo). Las tarifas elevadas, (E, F I G) son las menos abundantes y se encuentran mayoritariamente en Ramón Obando y Rigoberto López. Como se podrá ver más adelante (Tabla 8), estos, son dos de los barrios que mayor cantidad de animales tienen, sobre todo aves y bovinos, con lo cual, el consumo de agua necesario es mayor.

“¿Usted compra agua de otras fuentes?”

La Figura 16 muestran los resultados a esta pregunta.

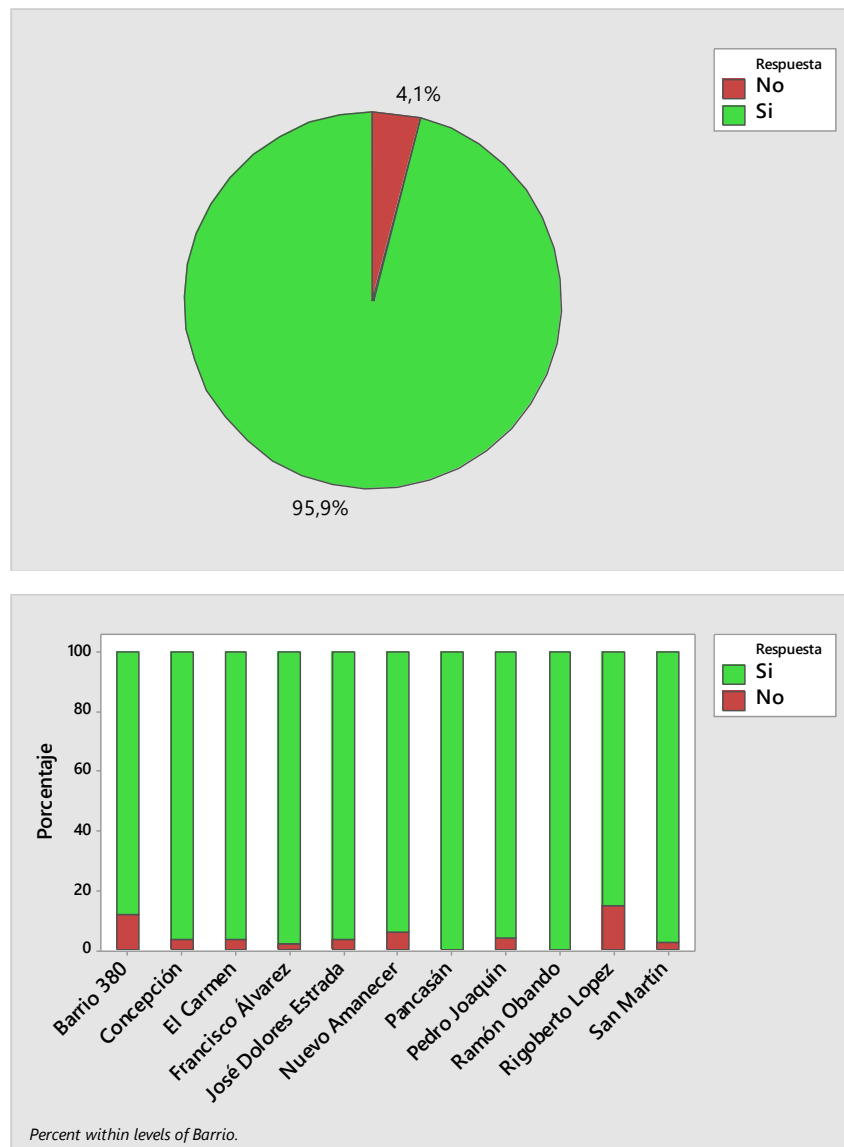


Figura 16: Respuesta a la pregunta “¿Usted compra agua de otra fuente?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

El resultado de la crisis del agua y la mala gestión de ENACAL ha llevado a que prácticamente todas las familias de la ciudad (un 96% aproximadamente) deban adquirir agua de otras fuentes para cubrir las necesidades básicas, tanto para beber como para realizar las tareas domésticas cotidianas. Estas otras fuentes de agua pueden ser botellones (Figura 17), pichingas (Figura 18) o barriles (Figura 19), y son repartidas por la ciudad mediante camiones.

"¿Compra botellones de agua?"

La Figura 17 muestran los resultados a esta pregunta.

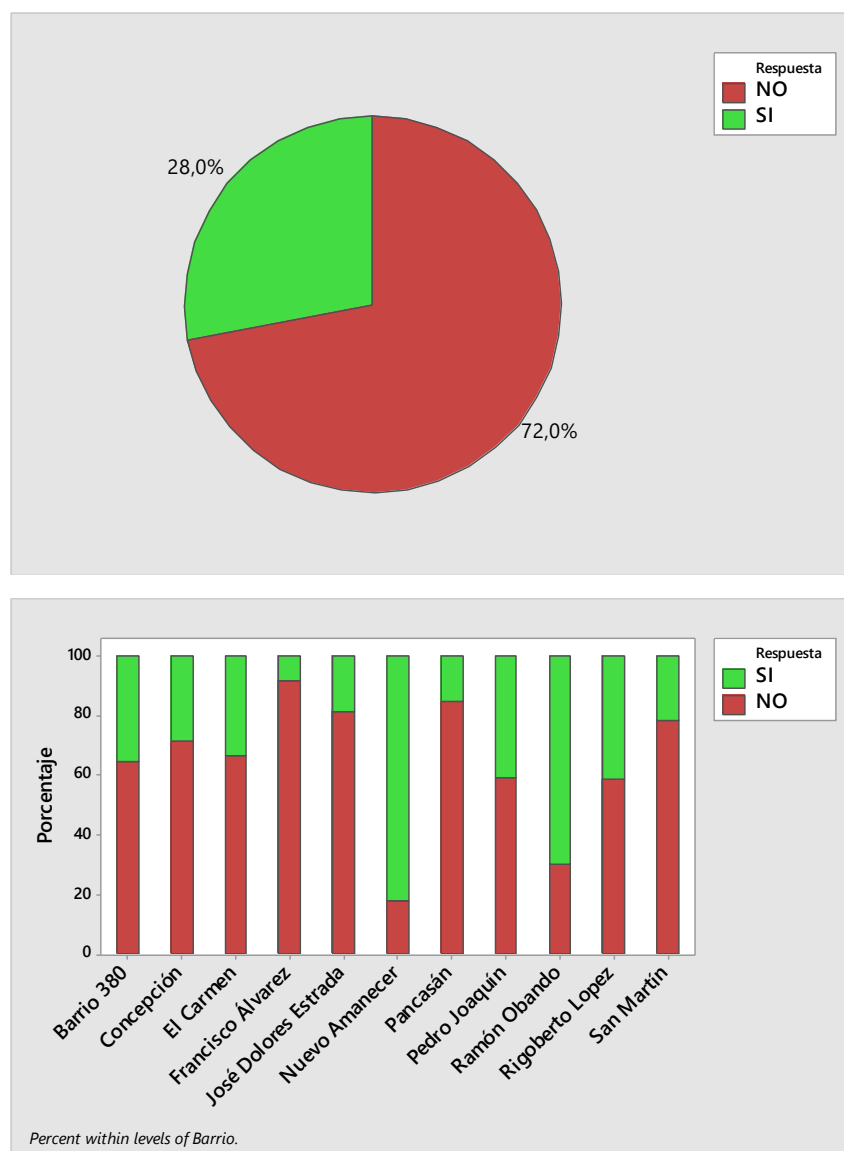


Figura 17: Respuesta a la pregunta "¿Compra botellones de agua?" de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

Los botellones tienen una capacidad de 19 litros y cuestan 26 córdobas (que equivalen a 0,9 \$), vienen precintados y el agua almacenada es apta para el consumo. Se puede ver en la Figura 17 como solo el 28% de la población opta por esta opción (esto no quiere decir que además de botellones no compren pichingas o botellones). Que el porcentaje de consumo de botellones sea tan bajo es debido principalmente a que la relación precio-volumen de las pichingas es mejor.

"¿Compra pichingas de agua?"

La Figura 18 muestran los resultados a esta pregunta.

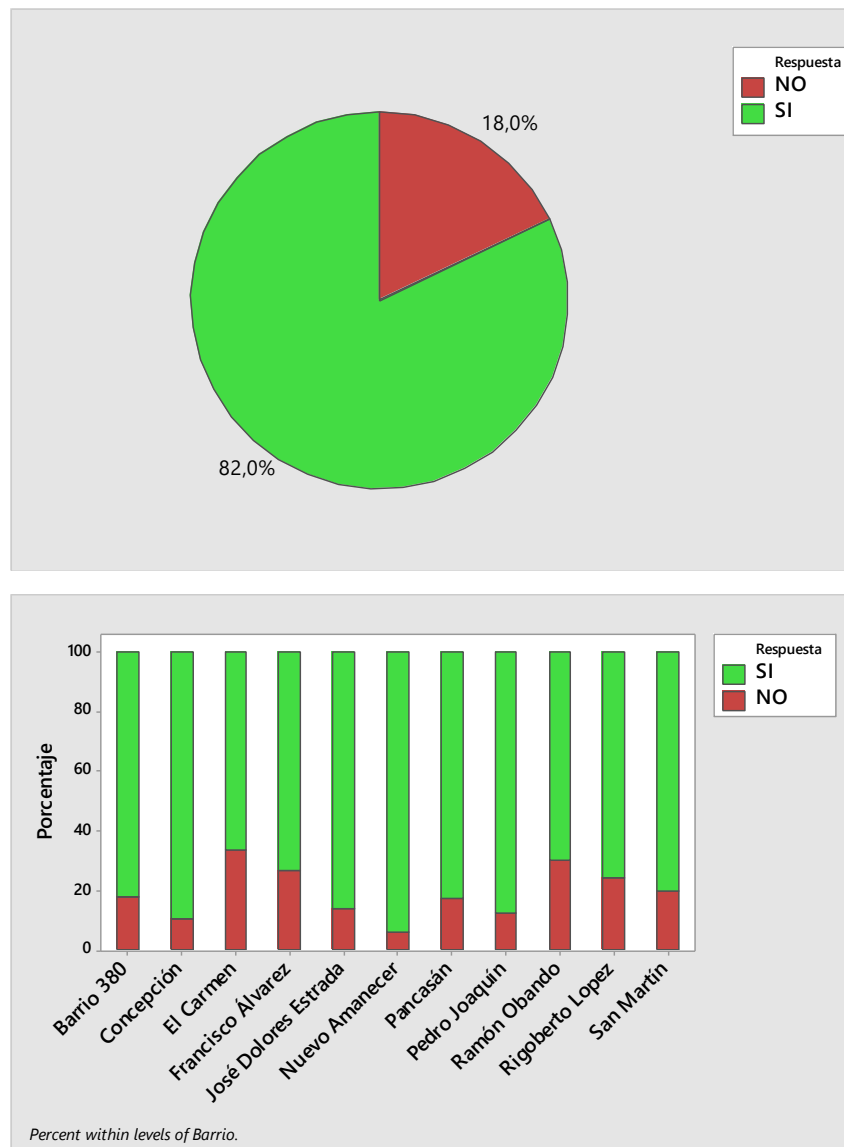


Figura 18: Respuesta a la pregunta "¿Compra pichingas de agua?" de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

Las pichingas tienen una capacidad de 40 litros, valen 20 córdobas y también son aptas para el consumo. Estos envases no vienen precintados y se vacían en cubos o tanques, que en muchas ocasiones no reúnen las condiciones higiénicas adecuadas para contener agua. Se observa en la Figura 18 como el 82% de la población compra pichingas. Es la alternativa (a ENACAL) de abastecimiento de agua más utilizada por los habitantes de Camoapa.

“¿Compra barriles de agua?”

La Figura 19 muestran los resultados a esta pregunta.

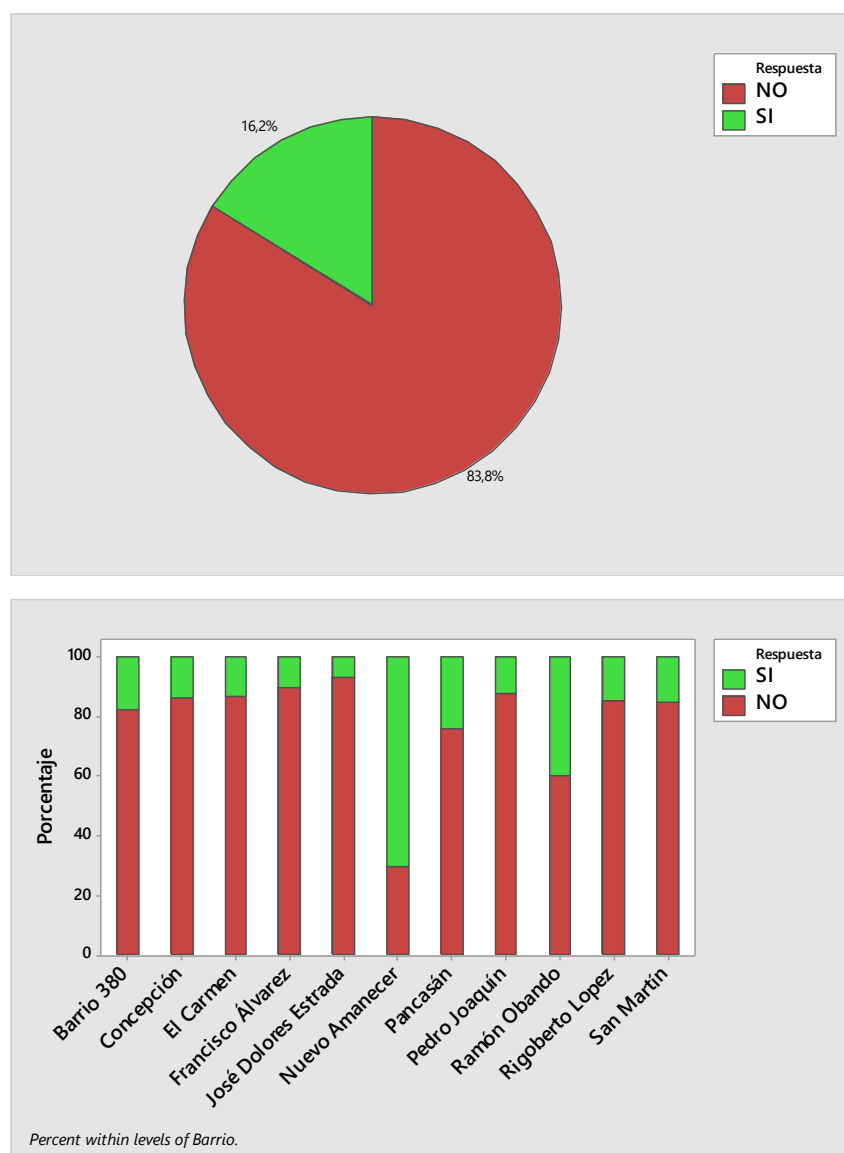


Figura 19: Respuesta a la pregunta “¿Compra barriles de agua?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

Los barriles de agua son iguales que las pichingas pero con un volumen 5 veces mayor, es decir, un volumen de 200 litros. Su consumo es muy reducido, apenas el 16 % de la población en los distintos barrios, (Figura 19) ya que la gran mayoría de familias no tienen ningún recipiente capaz de almacenar todo este volumen de agua. Sin embargo, se puede observar como en el barrio Nuevo Amanecer sí que tiene un gran consumo de botellones (alrededor del 70%). Nuevo Amanecer es el barrio de mayor dificultad de acceso para los vehículos debido al mal estado de las carreteras, por eso los camiones encargados de distribuir el agua pasan con menor frecuencia que por los otros barrios. Esto provoca que la gente deba comprar agua en recipientes de mayor cantidad.

“¿De qué tipo de animales dispone usted?”

La Tabla 8 muestran los resultados (en porcentaje) a la pregunta.

Tabla 8: ¿De qué tipo de animales dispone usted? (%)

	Bovinos	Aves	Equinos	Caninos	Conejos	Otros
Barrio 380	11,8	11,8	0,0	58,8	0,0	5,9
Concepción	4,5	20,5	9,1	36,8	1,1	5,9
El Carmen	6,7	13,3	0,0	46,7	3,3	10,0
Francisco Álvarez	4,1	6,1	6,1	32,7	2,0	4,1
José Dolores Estrada	6,8	25,4	3,4	30,5	5,1	6,8
Nuevo Amanecer	5,9	58,8	5,9	13,5	17,6	5,9
Pancasán	4,3	8,7	4,3	60,9	0,0	10,9
Pedro Joaquín	6,1	20,4	4,1	44,9	2,0	6,1
Ramón Obando	10,0	50,0	6,7	30,0	5,4	10,0
Rigoberto López	9,8	17,1	2,4	29,3	4,9	2,4
San Martín	6,3	26,8	0,9	35,7	0,0	4,5
Total ciudad	6,9	23,5	3,2	40,9	3,3	6,5

Además del agua utilizada para el consumo propio y las tareas domésticas, algunas familias también tienen animales que suponen un consumo extra de agua. A pesar de esto, solo aquellas familias que poseen un alto número de animales, aumentan el consumo de agua de forma considerable (debido a la cantidad que estos consumen). Haciendo la media aritmética se puede comprobar como Ramón Obando es el barrio que posee mayor cantidad de animales, que coincide con el resultado obtenido en la Figura 15, que mostraba que Ramón Obando es uno de los barrios con tarifas de consumo más elevadas.

En el grupo de otros, se puede afirmar, después de realizar las encuestas, que la mayor parte de animales eran felinos.

Además, para mostrar unos resultados con mayor fiabilidad, también se ha establecido un coeficiente para los diferentes tipos de animales (Tabla 9), con la finalidad de dar mayor importancia a los animales que tienen un mayor consumo como son los bovinos y los equinos. El consumo de agua por parte de los animales depende de varios factores, como son la temperatura ambiente, el clima, la etapa de la vida en la que se encuentran, por ello se ha decidido establecer las condiciones de mayor consumo (temperaturas altas, clima seco y madurez).

Tabla 9: Consumo de agua por parte de las distintas especies.

	Consumo	Coeficiente
Bovinos	70 l/día	1
Aves	1 l/día	0,07
Equinos	50 l/día	0,35
Caninos	1 l/día	0,07
Conejos	1 l/día	0,07

Con estos coeficientes se ha calculado un índice de consumo para cada barrio, y se ha hecho una media de toda la ciudad, para de esta forma poder comprobar cuáles son los barrios que están

por encima y cuáles por debajo. A partir de estos resultados se ha construido un gráfico, que se muestra en la Figura 20.

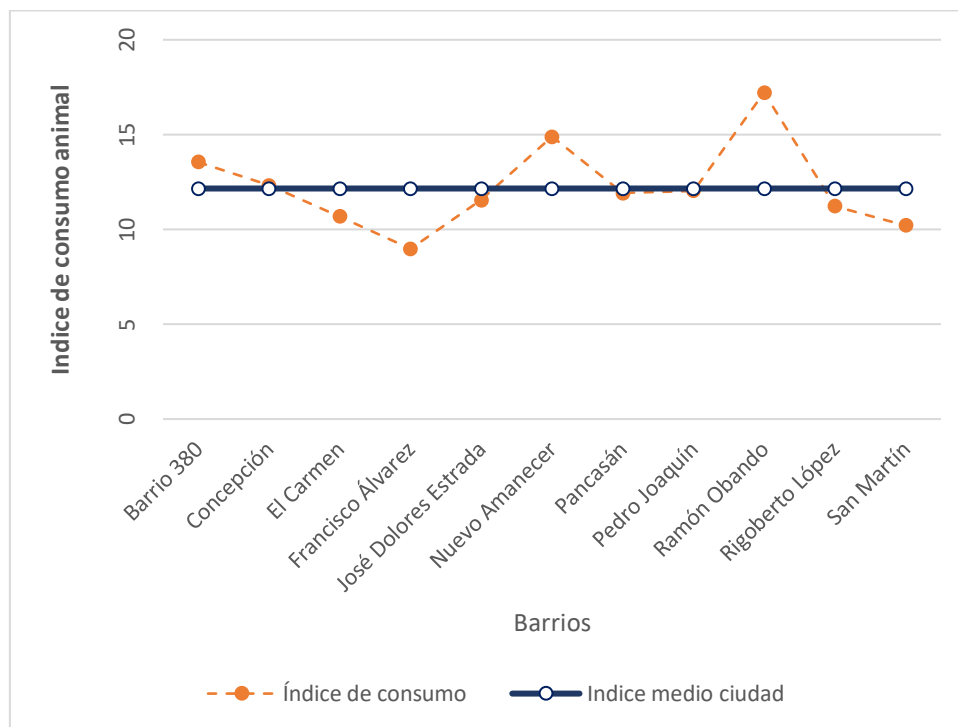


Figura 20: Índice de consumo animal.

En este gráfico (Figura 20) se observa que, según este índice, el barrio Ramón Obando es el barrio que en el cual los animales tendrían el mayor consumo de agua, y coincide con que es uno de los barrios con mayor número de equinos y bovinos. A pesar de esto, este resultado es una aproximación, ya que no se tiene en cuenta el número de animales del que dispone cada familia, tan solo se tiene en cuenta el número de especies.

Al realizar la encuesta, ADM y las Juventudes Sandinistas no incluyeron la pregunta de cuantas personas vivían en una vivienda. Este sería uno de los aspectos importantes a añadir con tal de mejorar la encuesta

“¿Riega plantas o cultivos?”

La Figura 21 muestran los resultados a esta pregunta.

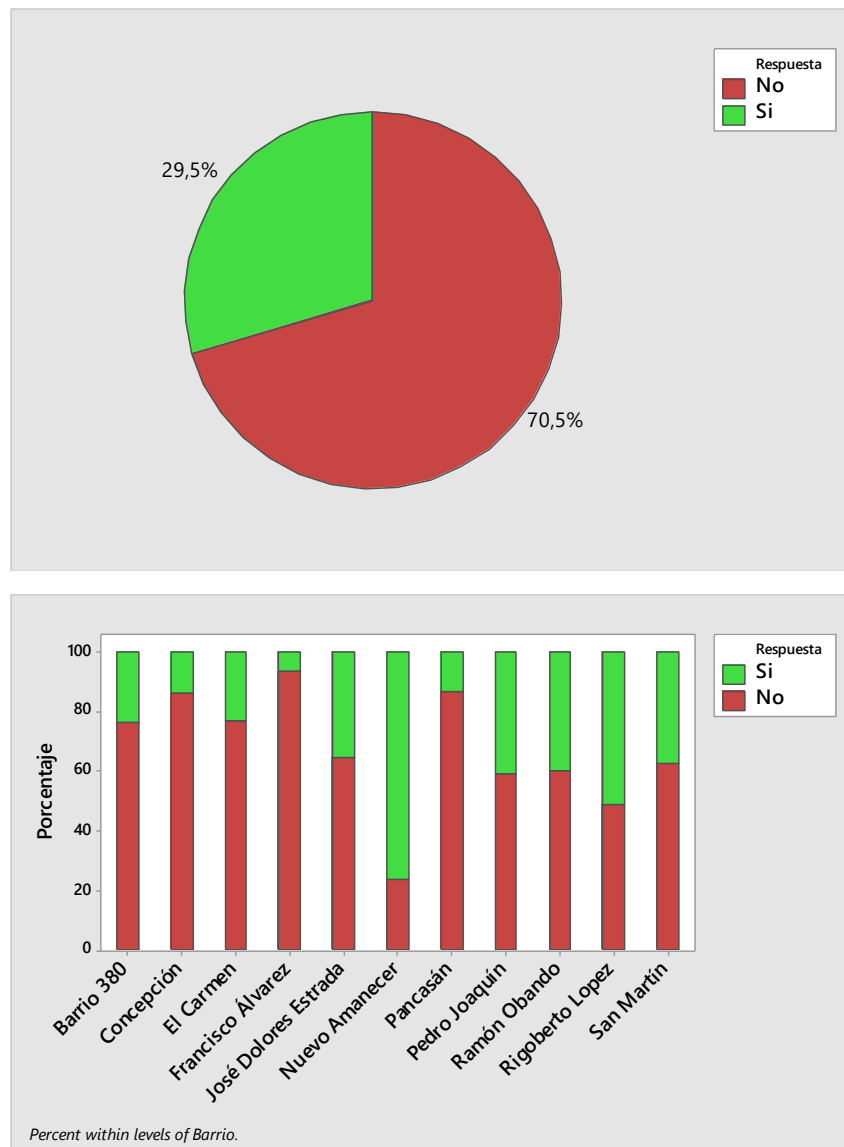


Figura 21: Respuesta a la pregunta “¿Riega plantas o cultivos?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

La mayor parte de la población no riega ni plantas ni cultivos. Solo en Rigoberto y en Nuevo Amanecer este porcentaje sobrepasa el 50%, y esto es debido a que son los barrios que se encuentran en la zona más montañosa, y la gran mayoría de las viviendas son casas unifamiliares con un pequeño jardín, lo que hace viable tener un huerto. Se pudo constatar durante las visitas que se hicieron que la mayor parte de las personas que afirmaron regar plantas o cultivos, tenía una pequeña cantidad de plantas o un pequeño huerto, y que además no regaban diariamente, por lo que no utilizaban grandes cantidades de agua.

“¿Cómo fue el invierno del año pasado?” (respecto a si las lluvias fueron abundantes o no)
En la Figura 22 se muestran los resultados a esta pregunta.

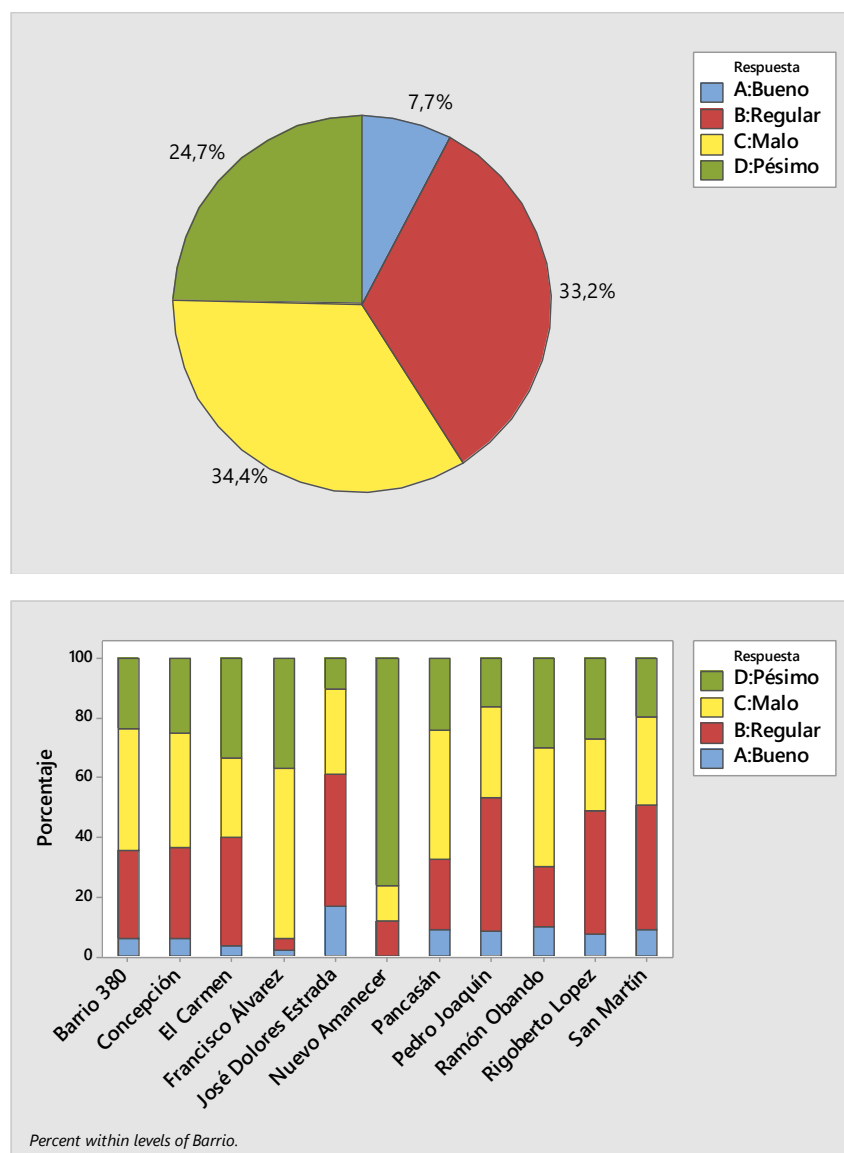


Figura 22: Respuesta a la pregunta “¿Cómo fue el invierno del año pasado?” (respecto a si las lluvias fueron abundantes o no) de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

Mediante esta pregunta se quería conocer la percepción que tenían los habitantes de Camoapa respecto al régimen pluvial del invierno anterior, es decir, si las lluvias habían sido abundantes o no. Aproximadamente el 92% de la población calificó el invierno respecto a las lluvias entre regular, malo y pésimo, y esta percepción se mantiene muy constante en todos los barrios. Si se observa la respuesta por barrios, podemos ver como el Barrio 380, Concepción, Pancasán y Ramón Obando tienen prácticamente respuestas calientes, ya que los porcentajes de respuesta son prácticamente los mismos en todos. El barrio que mas se aleja de los demás es José Dolores Estrada, ya que es en el que un mayor número de personas respondieron que el invierno había sido bueno. A pesar de esto, la diferencia con los demás barrios no llega a ser significativa, con lo que no podemos extraer conclusiones fiables.

“¿Experimentó problemas de abastecimiento de agua este verano?”

En la Figura 23 se muestran los resultados a esta pregunta.

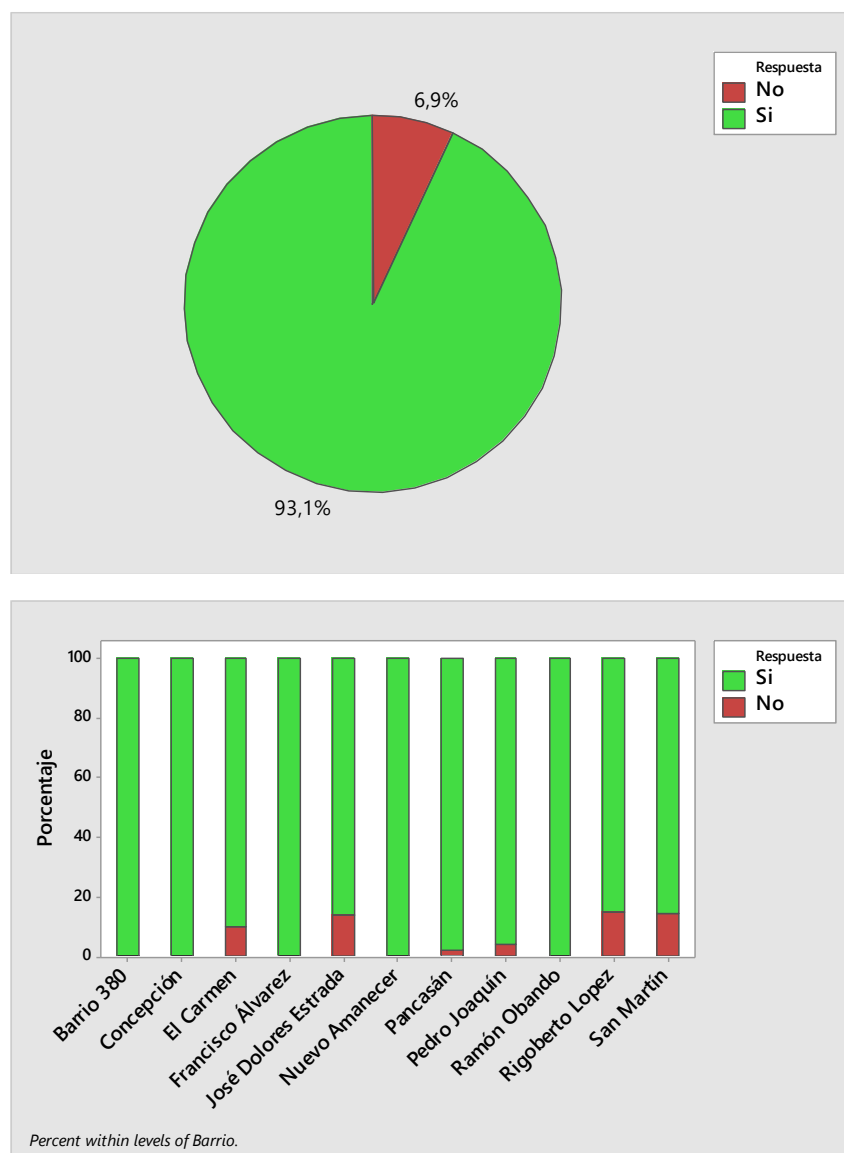


Figura 23: Respuesta a la pregunta “¿Experimentó problemas de abastecimiento de agua este verano?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

En la Figura 23 se puede ver como casi toda la ciudad experimentó problemas de abastecimiento durante el verano. Tan solo algunas familias que disponían de pozos privados y estos no estaban secos (ya que no todos los pozos privados disponían de agua) pudieron abastecerse sin sufrir los cortes de suministro de ENACAL.

“¿Por qué considera usted que han tenido problemas de agua?”

La Tabla 10 muestran los resultados (en porcentaje) a la pregunta.

Tabla 10: ¿Por qué considera usted que han tenido problemas de agua? (%)

	Basura	Despale	Quemas	Falta de mantenimiento	Otros
Barrio 380	29,4	11,8	41,2	47,1	0,0
Concepción	33,0	55,7	14,8	54,5	2,3
El Carmen	20,0	83,3	46,7	63,3	3,3
Francisco Álvarez	26,5	36,7	12,2	10,2	2,0
José Dolores Estrada	22,0	76,3	44,1	59,3	5,1
Nuevo Amanecer	41,2	76,5	41,2	0,0	0,0
Pancasán	23,9	54,3	26,1	82,6	0,0
Pedro Joaquín	49,0	89,8	55,1	57,1	0,0
Ramón Obando	10,0	90,0	40,0	30,0	0,0
Rigoberto López	43,9	82,9	58,5	46,3	7,3
San Martín	26,8	83,0	43,8	49,1	4,5
Total ciudad	29,6	67,3	38,5	45,4	2,2

Más del 50% de la población de Camoapa cree que la crisis del agua es debida principalmente al despale (tala de árboles) entre otras causas que también han estado señaladas como causantes del mal funcionamiento del suministro de agua (Tabla 10). No obstante, en realidad la falta de mantenimiento de la presa es la que origina gran parte de los problemas debido a que, en cuestión de meses, la *Pistia stratiotes*, es capaz de cubrir dos tercios del manto. Esta lechuga se reproduce muy rápidamente (en sólo 10 meses, una planta madre puede generar 438 plantas). Los especialistas calcularon que mientras los pobladores de Camoapa consumían 222 mil litros diarios, los 11,2 millones de plantas que invaden el embalse, absorben 5,6 millones de litros, es decir, 25 veces más que toda la ciudad.

Es cierto que la quema de bosques y la deforestación también influyen, ya que los bosques guardan una enorme cantidad de agua en los árboles y también en el suelo.

La deposición de basuras en los ríos también contamina el agua, por eso también afecta negativamente. A pesar de esto, el efecto de la deforestación y la quema es prácticamente negligible si se compara con los efectos de la falta de mantenimiento de la presa.

“¿En qué grado cree que influye la calidad del agua en la salud?”

La Figura 24 muestran los resultados a esta pregunta.

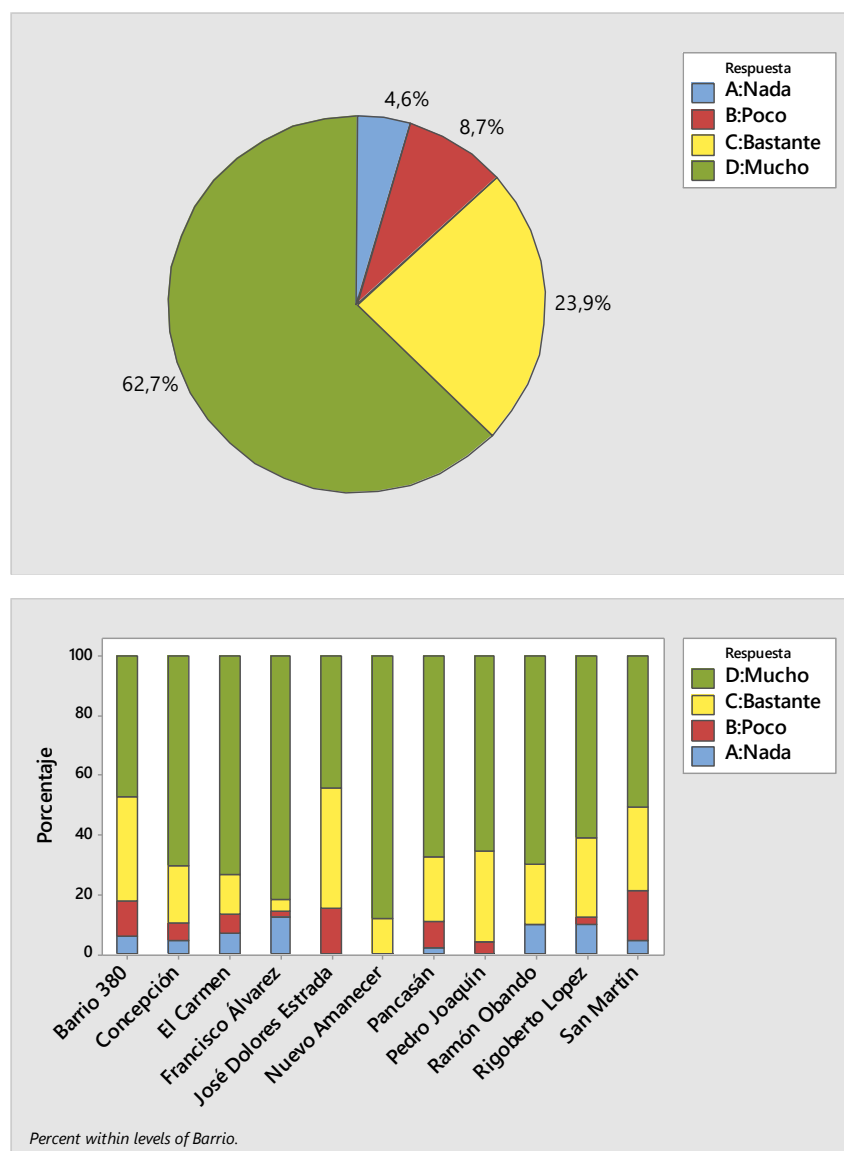


Figura 24: Resposta a la pregunta “¿En qué grado cree que influye la calidad del agua en la salud?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

Alrededor del 85% de los encuestados están concienciados sobre la importancia que tiene la calidad del agua y como esta influye en la salud, pero todavía hay más de un 10% que cree influye poco o nada. Este es un dato preocupante, ya que no contar con un servicio de abastecimiento de agua de buena calidad, tiene efectos directos sobre la salud (Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala, 2010). Por este motivo es muy importante realizar programas de educación y concienciación. Con relación a esta pregunta, podríamos decir que los barrios que peor se encuentran son el Barrio 380 y San Martín, por ello dichos programas de educación deberían empezar allí.

“¿Dónde almacena el agua?”

La Tabla 11 muestran los resultados (en porcentaje) a esta pregunta.

Tabla 11: ¿Dónde almacena el agua? (%)

	Almaceno	Botellas	Cubo o bidón	Barril	Pila
Barrio 380	88,2	11,8	47,1	64,7	11,8
Concepción	90,9	1,1	30,7	79,5	38,6
El Carmen	93,3	10,0	33,3	43,3	56,7
Francisco Álvarez	91,8	2,0	20,4	85,7	59,2
José Dolores Estrada	83,1	8,5	55,9	57,6	18,6
Nuevo Amanecer	94,1	52,9	70,6	88,2	17,6
Pancasán	100,0	0,0	34,8	87,0	45,7
Pedro Joaquín	98,0	10,2	40,8	55,1	28,6
Ramón Obando	50,0	0,0	33,6	20,0	40,0
Rigoberto López	85,4	7,3	34,1	41,5	31,7
San Martín	88,4	6,3	39,3	63,4	23,2
Total ciudad	87,6	10,0	40,1	62,4	33,8

Como el agua de ENACAL viene cada cierto tiempo y no garantiza una regularidad en su distribución, la mayoría de la población de Camoapa (alrededor del 88%) debe almacenar el agua que tiene en los momentos más favorables de algún modo, para poder proveer sus necesidades futuras en caso de restricción o no distribución. La opción más utilizada es el barril ya que es el recipiente de mayor capacidad (unos 100 litros aproximadamente), seguida del cubo o bidón. Uno de los problemas es que muchas veces estos recipientes están sucios, y propician la contaminación del agua que contienen. Por ello se debería hacer un trabajo de concienciación y regularización sobre el mantenimiento y la limpieza de los barriles para que estos cumplieren con los estándares sanitarios.

“¿Qué hacen para asegurar la calidad del agua?”

La Figura 25 muestran los resultados a esta pregunta.

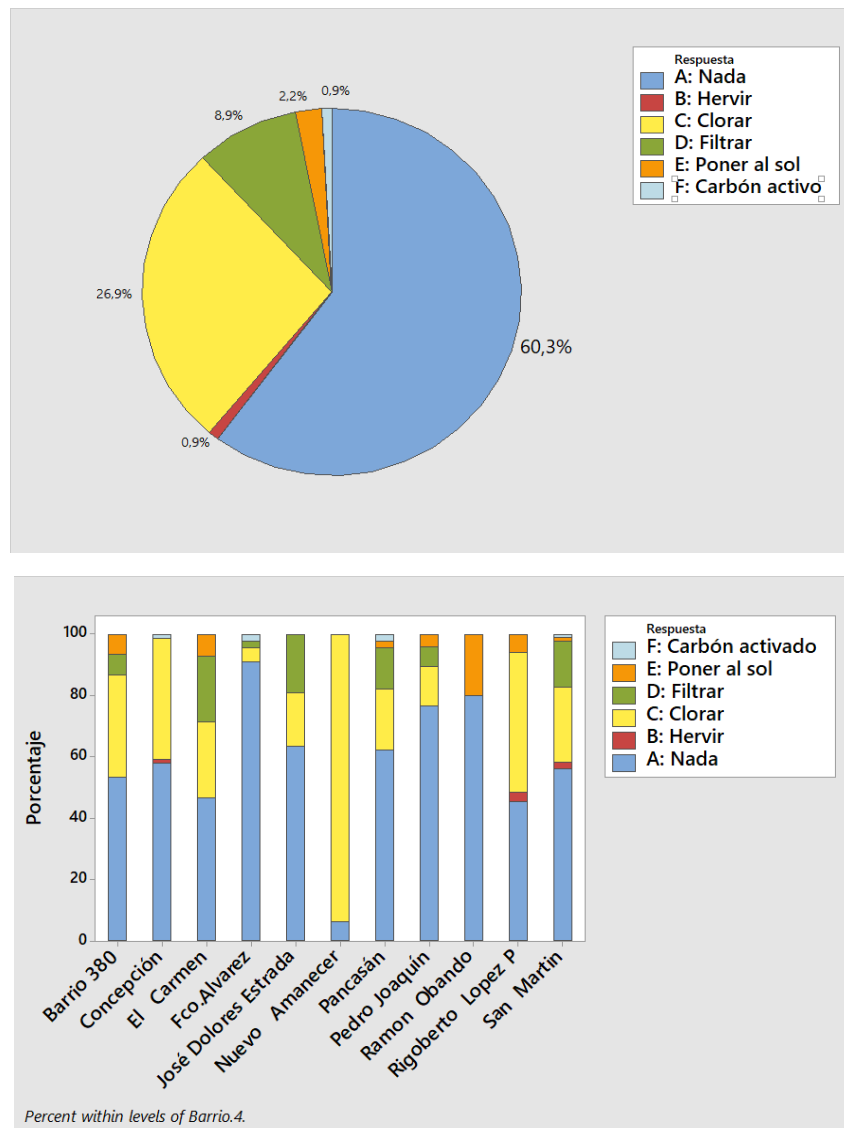


Figura 25: Respuesta a la pregunta “¿Qué hacen para asegurar la calidad del agua?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

Más de la mitad de la población de Camoapa no trata el agua de ningún modo. Este hecho es un grave problema ya que en muchas ocasiones el agua no se encuentra en las condiciones adecuadas para el consumo. Si observamos el gráfico por barrios podemos ver como la opción más utilizada de los que tratan el agua, es la cloración, y esto es debido a que es uno de los métodos más efectivos. Se puede observar también como en Nuevo Amanecer prácticamente todo el mundo trata el agua, y este dato coincide con el resultado obtenido en la Figura 24, en la cual prácticamente todos los encuestados de este barrio respondieron que la calidad del agua influía bastante o mucho en la salud.

“¿Si tuviera la oportunidad de proteger las fuentes de agua, ríos, quebradas, lo haría?”

La Figura 26 muestran los resultados a esta pregunta.

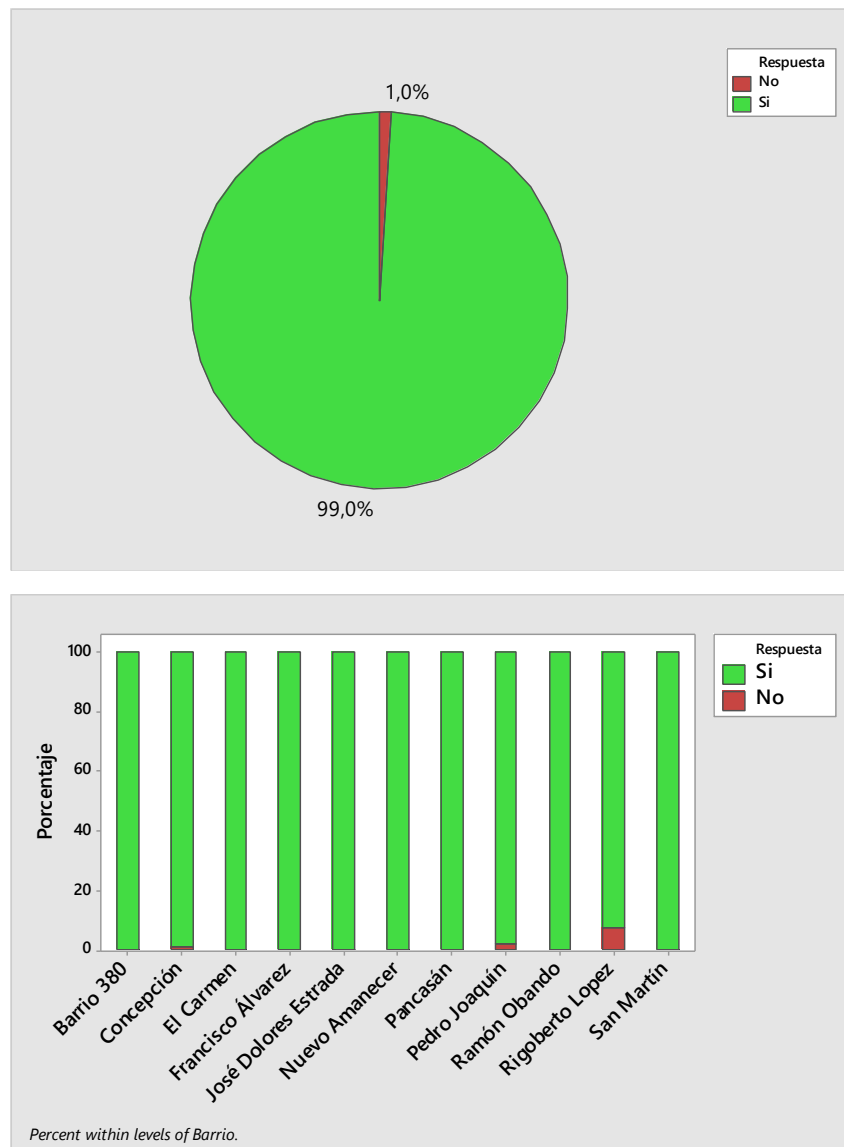


Figura 26: Respuesta a la pregunta “¿Si tuviera la oportunidad de proteger las fuentes de agua, ríos, quebradas, lo haría?” de las encuestas de la ciudad Camoapa en el gráfico de sectores (superior), y la respuesta por barrios de esta ciudad en el diagrama de barras (inferior).

Esta pregunta se realizó con la doble intención de extraer información y poder conocer la realidad de esta ciudad, a la vez que concienciar a los encuestados, ofreciendo un momento de reflexión sobre posibles opciones o posibilidades para mejorar. En la Figura 26 se puede ver como prácticamente el 100% de la población estaría dispuesta a proteger sus fuentes. Así pues, parece muy aconsejable ofrecer ideas a la población para llevar a cabo la protección de este valioso recurso que es el agua.

“¿De qué manera apoyaría?”

La Tabla 12 muestran los resultados (en porcentaje) a esta pregunta

Tabla 12: ¿De qué manera apoyaría? (%)

	Sembrando árboles	No lanzaría material contaminante	No lanzaría basura
Barrio 380	94,1	41,2	64,7
Concepción	80,7	20,5	44,3
El Carmen	90,0	50,0	60,0
Francisco Álvarez	98,0	16,3	16,3
José Dolores Estrada	91,5	76,3	71,2
Nuevo Amanecer	100,0	11,8	17,6
Pancasán	97,8	30,4	37,0
Pedro Joaquín	77,6	55,1	77,6
Ramón Obando	100,0	40,0	40,0
Rigoberto López	90,2	53,7	78,0
San Martín	94,6	60,7	56,3
Total ciudad	92,2	41,4	51,2

En la última pregunta de la encuesta, se podían marcar más de una respuesta. En la Tabla 12 se puede ver como la mayor parte de la población que se involucra en una campaña ambiental participaría sembrando árboles. Esto tiene relación directa con las respuestas obtenidas en la Tabla 10, en la cual la mayor parte de la población creía en que el problema principal era la tala de árboles (a pesar que se ha podido ver que la cantidad de agua que consume la *Pistia stratiotes* es mucho mayor, que la pérdida de agua causada por la deforestación)

4.2. Análisis de los indicadores generados

Una vez realizadas las encuestas y analizados los resultados, se ha procedido a la construcción de una serie de indicadores basados en las dimensiones del derecho humano al agua, siguiendo el estudio realizado por Ongawa, “Derecho Humano al agua y saneamiento” (ONGAWA, 2012). Estos son, la accesibilidad, la calidad y la asequibilidad, y permiten reflejar de forma más concreta la situación en la que se encuentra cada barrio respecto al recurso hídrico. Estos indicadores se han construido de la siguiente manera:

Indicador de accesibilidad

A partir de la pregunta “¿Esta fuente de agua es?”, se ha dado un valor a cada una de las respuestas. Si previamente la respuesta había sido que no se disponía de fuente de agua se ha dado un 0. Si la fuente de agua que se disponía era temporal, se le ha dado un 0,5. Y si esta era permanente, se le ha dado un 1. De esta forma se genera este indicador.

Indicador de calidad

En este caso se han tenido en cuenta dos preguntas. La primera, “¿En que grado cree que la calidad del agua influye en su salud?”, y se ha vuelto a dar un valor a cada una de las respuestas (Nada (0) Poco (0,33) Bastante (0,66) Mucho (1)).

La segunda pregunta que se ha utilizado, ha sido, “¿Qué hacen para asegurar la calidad del agua?” y se ha seguido el mismo procedimiento de dar un valor a cada respuesta (Nada (0) Hervir (1) Clorar (1) Filtrar (0,2) Poner al sol (0,2) Carbón activo (0,2)).

A continuación, se ha realizado una media aritmética entre los resultados de las dos preguntas para cada uno de los encuestados. Este indicador se ha construido en base a la percepción que tienen los habitantes de Camoapa de la calidad del agua, es decir, si consideran la calidad como un elemento importante a la hora de consumirla.

Indicador de asequibilidad

Para construir el último indicador se han utilizado cuatro preguntas. La primera “¿Cuánto paga en córdobas por el servicio que le brinda ENACAL?”, con sus correspondientes valores para cada respuesta (Nada (0), A:10-50 (0,143) B:51-100 (0,286) C:101-150 (0,429) D:151-200 (0,572) E:201-250 (0,715) F:251-300 (0,858) G:más de 300 (1)).

La segunda, “¿Cuántos botellones de agua compra a la semana?”, (Nada (0) A:1-3 (0,2) B:4-6 (0,4) C:6-9 (0,6) D:10-12 (0,8) E:13-15 (1)).

La tercera, “¿Cuántas pichingas de agua compra semana?, (Nada (0) A:1-3 (0,2) B: 4-6 (0,4) C:6-9 (0,6) D:10-12 (0,8) E:13-15 (1)).

Y por último la cuarta, “¿Cuántos barriles de agua compra a la semana?” (Nada (0), A:1-3 (0,2) B:4-6 (0,4) C:6-9 (0,6) D:10-12 (0,8) E:13-15 (1)). A continuación, se ha realizado una media aritmética entre los resultados de las cuatro preguntas para cada uno de los encuestados

En la Figura 27, se muestra el primero de ellos, el indicador de accesibilidad.

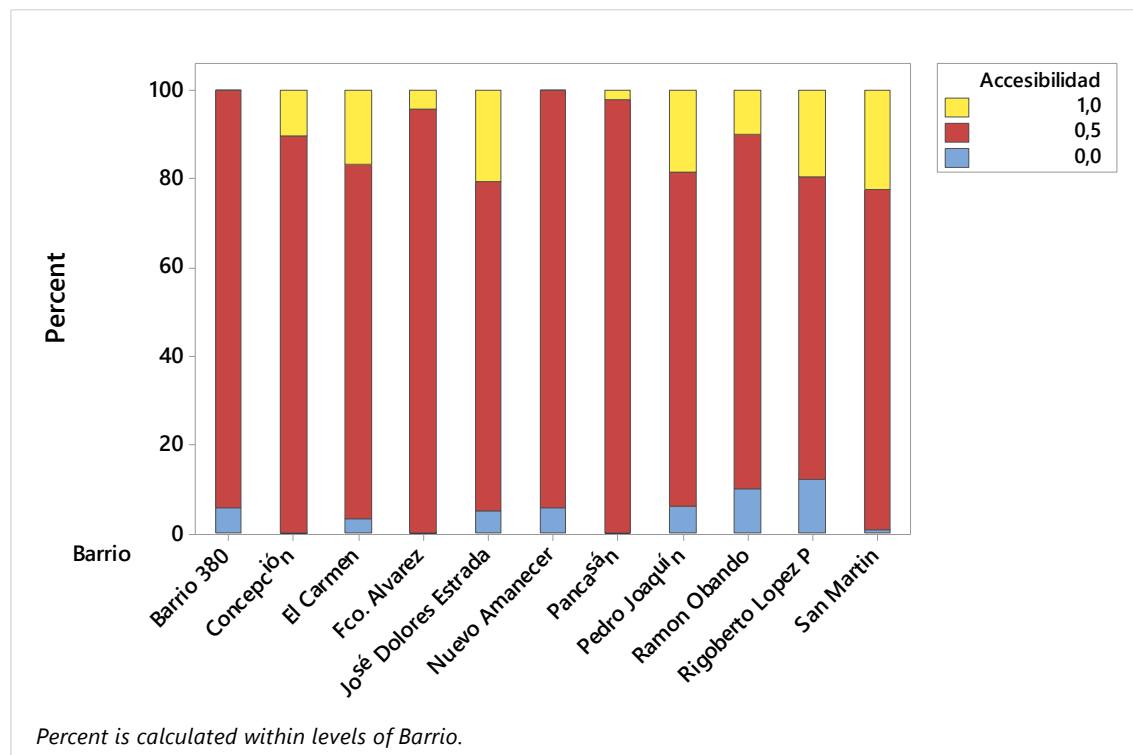


Figura 27: Indicador Accesibilidad según los distintos barrios de la ciudad.

En la Figura 27 se observa que los porcentajes para cada una de las categorías de accesibilidad difieren de forma importante entre los distintos barrios, la cual cosa nos indica que hay una

dependencia entre accesibilidad al agua y el barrio de la ciudad. Como se puede observar, el Barrio 380, Pancasán y Nuevo Amanecer son los tres con menor accesibilidad, y esto es debido a que el agua no llega de forma homogénea a todos los barrios y que los cortes de suministro son más prolongados en unos que en otros.

La Tabla 13 presenta los resúmenes numéricos del indicador calidad.

Tabla 13: Estadísticos descriptivos para el indicador de calidad

Variable Calidad	Barrio	N	Mean	SE Mean	CoefVar	Median
	Barrio 380	17	0,520	0,079	62,3	0,50
	Concepción	88	0,632	0,032	46,9	0,50
	El Carmen	30	0,585	0,040	37,3	0,55
	Fco. Alvarez	49	0,486	0,027	38,8	0,50
	José Dolores Estrada	59	0,488	0,030	47,7	0,50
	Nuevo Amanecer	17	0,908	0,059	26,8	1,00
	Pancasán	46	0,549	0,035	43,0	0,50
	Pedro Joaquín	49	0,518	0,030	40,5	0,50
	Ramon Obando	10	0,343	0,060	55,3	0,33
	Rigoberto Lopez P	41	0,634	0,043	43,2	0,50
	San Martin	112	0,552	0,024	45,2	0,50

A continuación, tenemos el gráfico donde se pueden ver los intervalos de confianza del 95% para cada una de las medias del indicador de calidad, correspondiente a cada uno de los barrios de la ciudad. La diferencia de amplitud de los intervalos, es debida al número de datos utilizados para cada muestra de cada barrio y a la variabilidad intrínseca expresada como desviación típica del indicador calidad dentro de cada barrio. Si se observa la Figura 28 se puede comprobar como Ramón Obando es el que tiene una media más baja y Nuevo Amanecer la media más alta, mientras que los otros barrios presentan valores similares. Esto significa que Ramón Obando es el barrio donde se debería realizar mayor concienciación sobre la importancia que tiene la calidad del agua.

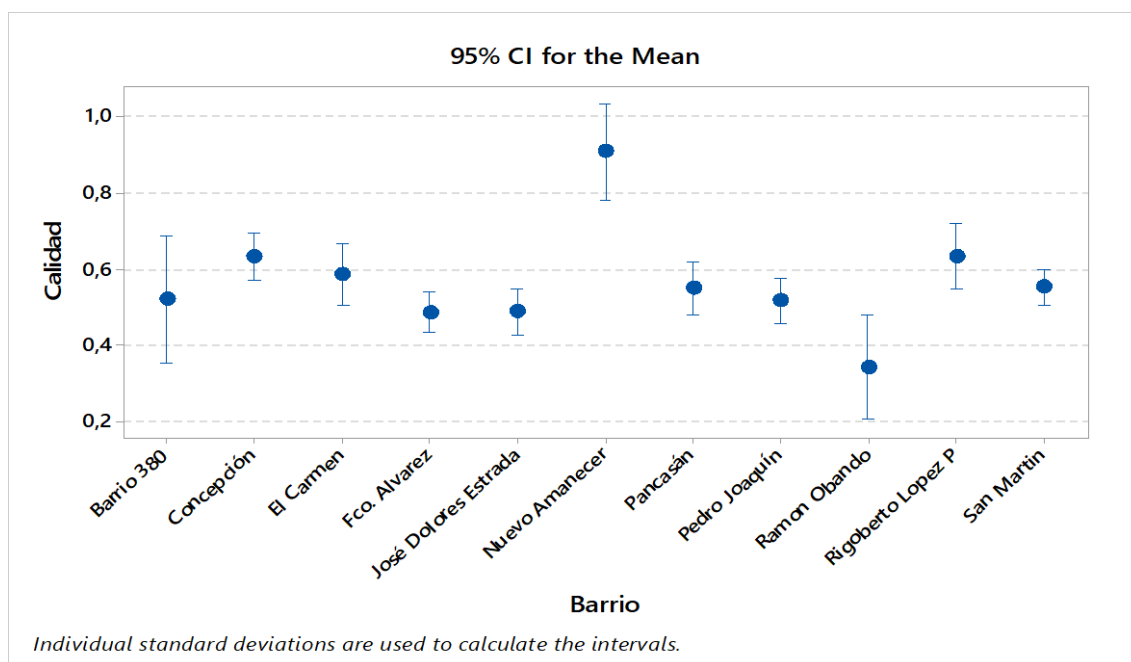


Figura 28: Intervalos de confianza del 95% para cada una de las medias del indicador de calidad.

Se aplicará un test estadístico para valorar si hay diferencias significativas de este indicador de calidad entre los barrios de la ciudad. En primer lugar, se estudiarán los requerimientos para aplicar el test de comparación de medias, el análisis de la variación (ANOVA). Este método estadístico tiene unos requerimientos de normalidad de la variable y de homogeneidad de varianzas de los distintos grupos que se quieren comparar.

El análisis sobre la suposición de la normalidad en la distribución de la variable indicador de calidad que se realizó a través de las distribuciones de los datos de los distintos barrios, así como a través de los gráficos de residuales proporcionados por el propio ANOVA, resultó ser no del todo satisfactorio. No obstante, después de haber ensayado diversas transformaciones de datos, y haber aplicado métodos no paramétricos alternativos, considerando que en la mayoría de los grupos a comparar el tamaño de la muestra era mayor que 30, se optó por presentar los resultados obtenidos con los datos originales y con el método paramétrico ANOVA. Se contrastó la igualdad de varianzas entre grupos y se pudo concluir los grupos tenían varianzas distintas en función de los barrios (valor p del test Bartlett=0,022), por lo que se aplicó el test Welch-ANOVA que no requiere de este supuesto de variabilidad homogénea entre grupos. El test Welch-ANOVA resultó significativo, proporcionó un valor p inferior al nivel de significación fijado del 5% (valor $p < 0,001$). Se puede concluir que hay diferencias significativas entre barrios. A continuación, se procedió a realizar el test de separación de medias Games-Howell para el indicador calidad respecto a los barrios de la ciudad (Figura 29).

Games-Howell Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Games-Howell Method and 95% Confidence

Barrio	N	Mean	Grouping
Nuevo Amanecer	17	0,9076	A
Rigoberto Lopez P	41	0,6340	B C D
Concepción	88	0,6323	B
El Carmen	30	0,5850	B C D E
San Martín	112	0,5522	B C D E
Pancasán	46	0,5491	B C D E
Barrio 380	17	0,5203	B C D E
Pedro Joaquín	49	0,5180	B C D E
José Dolores Estrada	59	0,4877	D E
Fco.Alvarez	49	0,4855	C D E
Ramon Obando	10	0,3425	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Figura 29. Salida del Minitab al test Games-Howell de separación de medias del indicador calidad respecto barrios.

Al observar la Figura 29, se puede destacar como Nuevo Amanecer es significativamente distinto al resto, esto significa que es el barrio que con mayor percepción de la calidad del agua que están utilizando. Uno de los grupos más homogéneos que se observan es el formado por el conjunto de barrios de El Carmen, San Martín, Pancasán, Barrio 380 y Pedro Joaquín (todos presentan las letras B, C, D, E simultáneamente). Por último podríamos agrupar los barrios Concepción y Rigoberto López en otro grupo (ya que ninguno de los dos cuenta con la letra E).

En la Tabla 14 se presentan los resúmenes numéricos del indicador de accesibilidad.

Tabla 14: Estadísticos descriptivos para el indicador de asequibilidad

Variable Asequibilidad	Barrio	N	Mean	SE Mean	CoefVar	Median
	Barrio 380	17	0,199	0,026	52,9	0,186
	Concepción	88	0,262	0,009	33,9	0,243
	El Carmen	30	0,227	0,021	50,6	0,225
	Fco. Alvarez	49	0,289	0,013	32,0	0,293
	José Dolores Estrada	59	0,149	0,010	52,3	0,122
	Nuevo Amanecer	17	0,154	0,012	33,0	0,186
	Pancasán	46	0,311	0,020	44,5	0,322
	Pedro Joaquín	49	0,207	0,017	58,1	0,171
	Ramon Obando	10	0,267	0,035	41,4	0,243
	Rigoberto Lopez P	41	0,259	0,030	74,6	0,193
	San Martín	112	0,179	0,009	55,9	0,157

A continuación tenemos el gráfico donde se pueden ver los intervalos de confianza del 95% para cada una de las medias del indicador de asequibilidad correspondiente a cada uno de los barrios de la ciudad. La diferencia de amplitud de los intervalos, es debida al número de datos utilizados para cada muestra de cada barrio y a la variabilidad intrínseca expresada como desviación típica del indicador asequibilidad dentro de cada barrio. Si se observa la Figura 30 se puede comprobar como la asequibilidad presenta unos valores muy bajos en todos los barrios de la ciudad, especialmente en José Dolores Estrada y Nuevo Amanecer.

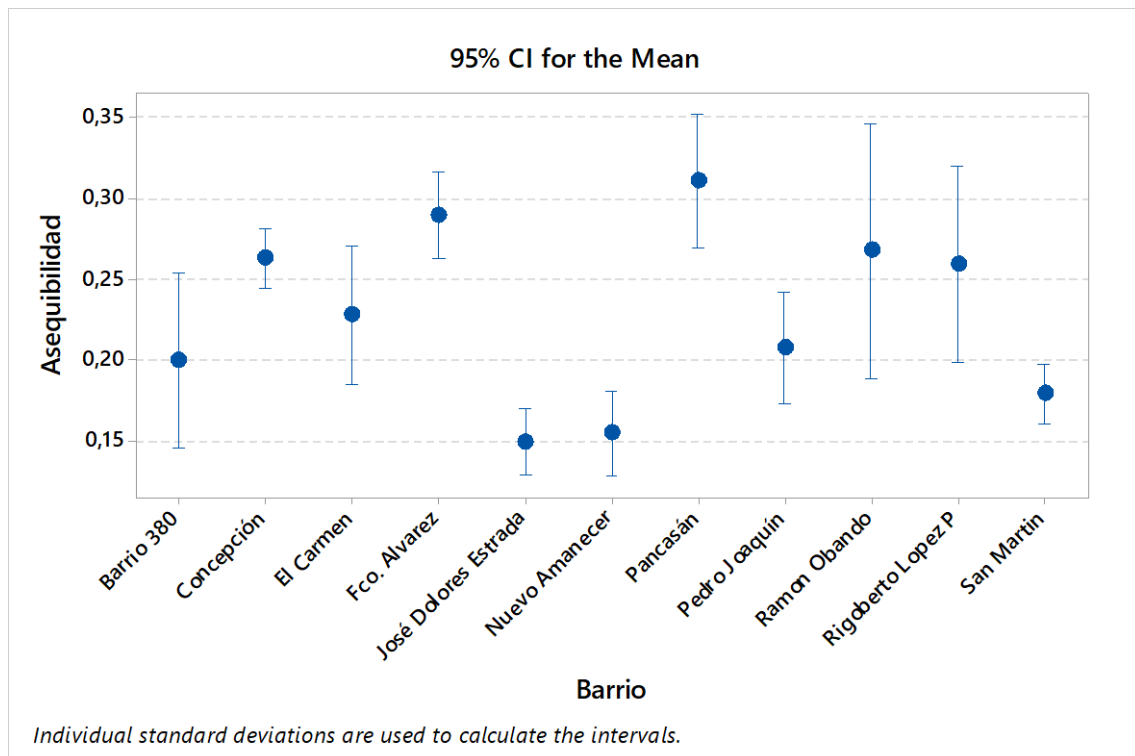


Figura 30: Salida del Minitab al test Games-Howell de separación de medias del indicador asequibilidad respecto barrios.

Se aplicará un test ANOVA para valorar si hay diferencias significativas entre cada uno de los barrios para el indicador asequibilidad. En primer lugar, se deben estudiar los requerimientos para aplicar un test ANOVA. La distribución de los datos de forma aproximadamente normal se aceptó de forma razonable a partir del análisis que se hizo de las distribuciones de los datos y de los gráficos de residuales generados por el propio ANOVA. Como se constató que los datos tenían varianzas significativamente diferentes en función de los barrios (valor p del test Bartlett $< 0,001$), se aplicó el test Welch-ANOVA (que no requiere este supuesto de variabilidad homogeneidad entre grupos). El resultado del test Welch-ANOVA fue significativo, el valor p de la prueba resultó inferior al nivel de significación fijado del 5% (valor p $< 0,001$). Por tanto, se puede concluir que hay diferencias significativas entre barrios en lo respecta a este indicador de accesibilidad. A continuación se procedió a realizar el test de separación de medias Games-Howell para el indicador calidad respecto a los barrios (Figura 29).

Games-Howell Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Games-Howell Method and 95% Confidence

Barrio	N	Mean	Grouping
Pancasán	46	0,3107	A
Fco.Alvarez	49	0,2890	A
Ramon Obando	10	0,2672	A B C D E F G
Concepción	88	0,26245	A B
Rigoberto Lopez P	41	0,2588	A B D F
El Carmen	30	0,2275	A B C D E F G
Pedro Joaquín	49	0,2069	B C D E F G
Barrio 380	17	0,1992	A B C D E F G
San Martin	112	0,17865	F G
Nuevo Amanecer	17	0,1542	D E F G
José Dolores Estrada	59	0,1491	C E G

Means that do not share a letter are significantly different.

Figura 31. Salida del Minitab relativa al test Games-Howell de separación de medias del indicador asequibilidad respecto barrios.

Una vez generado este indicador no se observan barrios claramente separados o diferentes. Esto podría ser debido a los diferentes tamaños de muestra los grupos, así como a su variabilidad interna. También puede ser debido a su propio diseño o definición en la construcción. Se podría concluir que este indicador no ha resultado útil para caracterizar y clasificar los barrios en grupos distintos. No obstante, este indicador sí que ha resultado ventajoso para poder ordenar a los barrios atendiendo a un determinado criterio que se ha cuantificado a partir de información recogida en diversas preguntas de la encuesta realizada.

Como se expone en el estudio “Derecho al agua y saneamiento”(ONGAWA,2012) actualmente se ofrecen nuevos elementos para el seguimiento del acceso al agua, permitiendo de esta forma identificar problemas relevantes que no habían sido suficientemente considerados hasta el momento. Se puede concluir que las metodologías como la propuesta cuentan con un gran potencial para la toma de decisiones y la asignación de recursos, además se pueden explorar nuevas técnicas estadísticas con la intención de obtener resultados que proporcionen todavía una mayor fiabilidad. También es preciso resaltar que el marco conceptual del derecho humano al agua exige la necesidad de investigar y definir los valores aceptables para los distintos indicadores desde el ámbito local, lo cual supone un importante esfuerzo de investigación en este sentido.

4.3. Filtro de arena lento casero

A la hora de realizar un proyecto, hay un aspecto muy importante a tener en cuenta, que es la apropiación del proyecto por parte de los actores locales. La apropiación por parte de la comunidad (en este caso del centro Hogar Luceros del Amanecer) facilita que se responsabilicen de su administración y mantenimiento.

Que los trabajadores del centro tuviesen el conocimiento para encargarse del filtro era un factor clave para que el proyecto fuese sostenible. Es por este motivo que el filtro se construyó con la ayuda de uno de los trabajadores del Hogar Luceros del Amanecer y al final se entregó un manual con los pasos para su mantenimiento.

Durante los primeros meses después su instalación, los análisis de la calidad del agua que pasaba por el filtro fueron realizados por miembros de El Porvenir, asegurando que esta cumplía los

estándares establecidos para que fuese apta para el consumo. Podemos decir que, durante este período de tiempo, el filtro realizó su función correctamente, y fue útil para el centro.

Meses más tarde, nos comunicaron desde el Hogar Luceros del Amanecer, que desde El Porvenir habían dejado de realizar análisis debido a la cantidad de trabajo que tenían en otras comunidades cercanas. Desde entonces, el filtro (Figura 32) cayó en desuso, ya que los trabajadores del centro no consiguieron acostumbrarse a su utilización, y no le dedicaron el tiempo suficiente para realizar el mantenimiento y los análisis correspondientes.

A pesar de esto, a día de hoy, el filtro sigue instalado y en perfecto estado, con lo cual, podría volver a utilizarse si en algún momento así lo decidieran.



Figura 32: Filtro de arena lento instalado en el Hogar Luceros del Amanecer. Autor: Guillermo Sol

4.4. Resultados de los análisis físico-químicos y bacteriológico

Una vez realizados los diferentes análisis físico-químicos y bacteriológico, se obtuvieron los siguientes resultados:

En la Tabla 15, se muestran los resultados de los análisis realizados en los diferentes ríos y en la presa. Los recuadros en verde significan que los valores están dentro de los límites establecidos por la OMS para el agua de consumo, y esto es equivalente en la Tabla 16 y en la Tabla 17.

Tabla 15: Resultados de los análisis realizados en diferentes ríos y en la presa.

	pH	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	Dureza(mg/l)
Río 1(Cackla)	7,8	53	4,0	80
Río 2 (Mombacho)	6,5	56	5,0	0
Río 3 (Boacco viejo)	7,3	45	2,5	180
Presa Rocas morenas	7,8	60	3,5	80

Cómo se puede comprobar en la Tabla 15, el único parámetro que está dentro de los límites que establece la OMS, es el pH. Si nos fijamos en los valores de nitrato (NO_3^-) y nitrito (NO_2^-), son superiores en los ríos 1(Cackla) y 2 (Mombacho) y en la presa Rocas Morenas, lo cual es uno de los principales indicadores de la eutrofización que sufre la presa. La dureza tampoco se encuentran dentro de los límites.

Tabla 16: Resultados de los análisis realizados en los diferentes pozos.

	pH	NO_3^- (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	Dureza (mg/l)
Pozo 1 (Pedro Joaquín)	7,8	45	2,5	80
Pozo 2 (Escuela)	6,5	5	1,5	0
Pozo 3 (San Martín)	7,3	0	2,5	180
Pozo 4 (Las Pencas I)	7,0	2	2,0	180
Pozo 5 (Las Pencas II)	7,8	40	2,5	80

Al igual que en los análisis anteriores, el pH es neutro en todos los pozos y la dureza es bastante baja, con lo que podemos decir que son aguas muy blandas. El nitrato (NO_3^-) y nitrito (NO_2^-) se encuentran en valores aptos para el consumo. A pesar de todo, faltan los análisis bacteriológicos, que son los más importantes a la hora de saber si un agua es apta para el consumo o no, y debido a la poca cantidad de muestras para analizar de las que se disponía, se decidió reservarlas para otros análisis.

Tabla 17: Resultados de los análisis realizados en el filtro de arena lento que se construyó, en los diferentes recipientes que se venden en los establecimientos de la ciudad, y en el agua que sale de las tuberías (de la casa donde estábamos alojados).

	pH	NO_3^- (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	Dureza (mg/l)	<i>E. coli</i>
Tuberías	6,4	51	3,1	560	No
Botellón	7,4	45	2,5	500	----
Barril	6,9	37	1,8	480	----
Pichinga	7,5	44	2,6	520	No
Filtro	8,4	39	2,8	510	No

Se puede ver en la Tabla 17 como tanto los recipientes que ENACAL se encarga de distribuir por la ciudad, y los valores de todos los parámetros analizados se encuentran en la zona apta para el consumo. Se decidió realizar los análisis de *E. Coli* en la pichinga, ya que es el envase más utilizado para el consumo de agua, en el filtro instalado, para comprobar que su función se desarrollaba de forma correcta y en el agua que salía de las tuberías de la casa. Como se puede comprobar, el agua que se recibe en las casas, es de muy baja calidad y hace que no sea apta para el consumo. La dureza tiene un nivel por encima de lo establecido, con lo que afecta al gusto, básicamente, y los niveles de nitrato (NO_3^-) y nitrito (NO_2^-) están por encima de lo permitido. Los nitritos son de particular interés en la salud porque convierten la hemoglobina en la sangre a metamoglobina. La metamoglobina reduce la cantidad de oxígeno que se transporta en la sangre. Como resultado, las células no tienen suficiente oxígeno para funcionar adecuadamente en el organismo. A esta condición se le llama metamoglobinemia. Los bebés,

especialmente menores de seis meses, corren un mayor riesgo de desarrollar problemas de salud al ingerir agua con niveles elevados de nitratos/nitritos. (Departamento de servicios de salud de California, 2006).

En cuanto al agua filtrada, con un caudal de $3,1 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, presenta valores aptos para el consumo. No se analizó el agua antes de ser filtrada ya que se tomó como referencia los resultados de los análisis de las tuberías, ya que todas reciben el agua de la presa Rocas Morenas.

4.4.1. Información recogida en la presa Rocas Morenas

La primera visita que realizamos una vez llegamos a Camoapa fue a la presa Rocas Morenas. Esta sirvió para comprobar de primera mano el mal estado en que se encontraban las infraestructuras y la gran cantidad de *Pistia stratiotes* que había en la superficie.

Después de analizar el agua de la presa (los resultados se muestran con detalle en el apartado de análisis físico-químicos) se vio como los niveles de nitrato eran muy altos. Esto propicia la aparición de la *Pistia stratiotes*, a través de un proceso llamado eutrofización.

La eutrofización es un proceso natural de envejecimiento de los lagos, sin embargo, este se ve acelerado cuando la contaminación es elevada. Este proceso está provocado por el exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, procedentes mayoritariamente de la actividad del hombre. Las causas más comunes son las siguientes:

Agricultura: Se emplean fertilizantes nitrogenados para abonar los cultivos, filtrándose en la tierra y llegando hasta los ríos y las aguas subterráneas.

Ganadería: Los excrementos de los animales son ricos en nutrientes, sobre todo en nitrógeno. Si los excrementos no son gestionados de buena manera pueden terminar contaminando las aguas cercanas.

Residuos urbanos: Principalmente de los detergentes con fosfatos. Como se puede ver en la Figura 33, muchas personas lavaban la ropa con jabón en los ríos que daban directamente en la presa.



Figura 33: Familia lavando ropa en el río. Autor: Guillermo Sol.

La vegetación en la orilla y las plantas acuáticas superiores utilizan parte de los nutrientes que llegan, crecen abundantemente y en consecuencia retienen los sedimentos. El lago va llenándose gradualmente de plantas acuáticas y de sedimento, lo cual reduce de forma drástica el nivel de agua disponible.



Figura 34: Presa Rocas morenas cubierta de Pistia stratiotes. Autor: Guillermo Sol

4.5. Difusión de los resultados obtenidos

Durante nuestra estancia en la ciudad de Camoapa, realizamos diferentes acciones de difusión del trabajo que íbamos a realizar.

La segunda semana, estuvimos en la radio local de la ciudad (Figura 35), hablando sobre el proyecto, pero también sobre nuestras impresiones y vivencias en Nicaragua. La experiencia fue muy interesante para nosotros, ya que era nuestra primera vez en una radio. Esto fue posible gracias a que el programa era un proyecto realizado por el Hogar Luceros del Amanecer, en el cuál participaban varios niños y trabajadores del centro.



Figura 35: Visita a la radio local. Autor: Sebastián Laguna.

Al finalizar nuestra estancia, nos realizaron una entrevista para un programa de televisión llevado a cabo también por gente del Hogar, en la cual pudimos explicar todo el trabajo hecho en las semanas previas.

Además, gracias a la colaboración que establecimos con ADM y al trabajo realizado conjuntamente con ellos durante nuestra estancia, se nos propuso exponer el trabajo del filtro en el foro NICARAGUASAN (Figura 36), llevado a cabo en Managua a mediados de agosto de 2016.



Figura 36: Exposición del filtro arena lento. Autora: Mariona Carós.

Este foro (Figura 37) es llevado a cabo por la Red de Agua y Saneamiento de Nicaragua, RASNIC, con el objetivo de retroalimentar los conocimientos y el intercambio de experiencia e información entre estudiantes universitarios, instituciones, organismos, empresa privada y profesionales del sector de agua y saneamiento.



Figura 37. Participación en la presentación del foro NICARAGUASAN. Autor: Daniel Coll

Durante nuestra estancia, también se creó un blog (Figura 38), donde se fue contando la experiencia durante la estancia.

Semana intensa de trabajo

Escrito por [CooperandoEnNicaragua](#) 11-08-2016 en [agua](#). Comentarios (0)

Buenas tardes a todos,

Hace tiempo que no actualizábamos el blog, por que tal y como indica el título, hemos estado muy ocupados. Hoy por fin hemos conseguido acabar de limpiar todas las piedras del filtro, que nos ha llevado cuatro días de trabajo. Y mañana por fin ya lo podremos instalar en el Hogar Luceros Del Amanecer. También hemos avanzado mucho con las encuestas y prácticamente ya las hemos terminado de realizar gracias a la colaboración de ADM.



Sorprendentemente ayer recibimos un mail del representante regional de WaterAid (<http://www.wateraid.org>) informándonos sobre la confirmación de un espacio en el foro NICARAGUASAN, un Foro Nacional sobre tecnologías de saneamiento de agua que se celebra el próximo martes en la capital, Managua. En el foro intervendrán distintas organizaciones y cada una expondrá su tecnología; nosotros expondremos nuestro filtro de arena lento.

Por último como anécdota podemos decir que nos han realizado un reportaje para la televisión

[INICIO](#) | [CONTACTO](#) | [RSS](#)

NICARAGUASAN

Escrito por [CooperandoEnNicaragua](#) 26-08-2016 en [Foro](#). Comentarios (0)



El pasado martes fuimos al foro Nicaraguasan, el foro nacional de saneamiento de agua de Nicaragua, donde se debate sobre los problemas de agua de Nicaragua y se presentan posibles soluciones. Allí expusimos nuestra tecnología de saneamiento de agua: el filtro de arena lento.

Figura 38: Blog realizado.

5. Conclusiones

En primer lugar, en relación a la calidad del agua, el estudio físico-químico y bacteriológico llevado a cabo en la ciudad de Camoapa ha constatado que:

- El agua recibida mediante tuberías en las casas de Camoapa no es apta para el consumo.
- Los niveles de nitrato y nitrito de los ríos Cackla y Mombacho, dos de los tres ríos que abastecen la presa Rocas Morenas, son muy altos.

En segundo lugar, en relación a los datos recogidos a través de las encuestas, que han permitido caracterizar los distintos barrios de la ciudad, los aspectos más relevantes son:

- Un porcentaje muy elevado de la población (93,1%) ha tenido problemas de abastecimiento.
- La mayor parte de la población (90,7%) está abonada al servicio ENACAL, pero este servicio llega de forma irregular y el agua no es apta para el consumo.
- Las familias que disponen de pozos privados son las que menos sufren la problemática del agua, ya que tienen una fuente permanente de la cual abastecerse, destacando en este sentido los barrios Rigoberto López, San Martín y José Dolores.
- Más del 95% de los habitantes tienen que comprar agua de otras fuentes utilizando tres tipos de recipientes: pichingas (82%), botellones (28%) y barriles (16%), con el gasto extra y los inconvenientes de manipulación que este hecho comporta.
- Se han diseñado tres indicadores generados a partir de la información recogida en distintas preguntas, relativos a distintos aspectos del agua, con el fin de aglutinar y resumir resultados observados, y poder caracterizar de forma más compacta los distintos barrios.
- El indicador de “Accesibilidad” ha mostrado que no es homogéneo en todos los barrios, hay barrios que sufren cortes de suministro más prolongados que otros, siendo los barrios Barrio 380, Pancasán y Nuevo Amanecer los más afectados.
- El indicador de “Calidad” ha detectado que la percepción de este aspecto es especialmente baja en el barrio Ramón Obando, junto con José Dolores Estrada y Fco. Alvarez.
- El indicador de “Asequibilidad” no ha resultado tan útil como se esperaba, ya que, a pesar de indentificar diferencias significativas entre barrios, no ha sido eficaz de agrupar barrios de forma clara. Este indicador sí que ha permitido constatar que este aspecto se mantiene muy bajo en todos los barrios de la ciudad.

En tercer lugar, en relación al filtro de arena lento casero construido e instalado de forma exitosa en el Hogar Luceros del Amanecer, el efecto no ha sido el esperado. Después de un período de mantenimiento deficiente, dejó de ser utilizado. Uno de los posibles motivos que identifiqué para explicar este resultado es que para que una tecnología como ésta sea utilizada, todos los actores locales deben involucrarse desde un primer momento en su construcción e implementación para que la sientan como propia, y no como un elemento externo.

Para finalizar, este estudio se presentará ante las autoridades de Camoapa (a través del director del Hogar Luceros del Amanecer) con el fin de que toda la información recogida, analizada y discutida, puedan condicionar la toma de medidas o acciones que consideren oportunas en los distintos barrios.

Bibliografía

Banco Interamericano de Desarrollo. 2010. Plan estratégico y sectorial de agua potable y saneamiento de Paraguay.

Bruni, M.A. and Sphuler, D. 2018 Slow sand filtration. Disponilbe en: <https://sswm.info/sswm-university-course/module-6-disaster-situations-planning-and-preparedness/further-resources-0/slow-sand-filtration>

College of Agriculture and Life Science. 2010. La calidad del agua, *E.coli* y su salud. Disponible en: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>

Departamento de servicios de salud de California. 2006. Posibles efectos en la salud relacionados con nitritos y nitratos en agua de pozos privados. Disponible en: https://cchealth.org/eh/small-water/pdf/nitrate_fact_sheet_pww_es.pdf

GWA. 2003. Gender Perspectives on Policies in the Water Sector. Leicestershire, Reino Unido.

INEC. 2006 VIII Censo de población y IV de vivienda. Disponible en: <http://www.inide.gob.ni/censos2005/CifrasCompleto.pdf>

ONGAWA. 2012. Derecho humano al agua y saneamiento. Disponible en: https://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2013/01/Libro-4-Derecho-al-agua-y-saneam_baja2.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). 1985. Guías de Calidad para el Agua Potable.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 1995. Guías de Calidad para el Agua Potable.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 2003. pH in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable.

Proyecto presa Rocas Morena. Disponible en:

<http://www.ingenieroambiental.com/4014/camoapa.pdf>

Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2010. Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito.

Sigler& Bauder. 2018. Coliforme total y la bacteria *E.coli*. Disponible en: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Coliform_Ecoli_Bacteria%202012-11-15-SP.pdf

World Health Organization (WHO). 2004. Guidelines for Drinking Water Quality Geneva.

Anejos

Escrito de parte de Andrés Orozco, miembro de los CAPS



Camoapa, 15 de Agosto del 2016.

Srs. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona
Sus Manos


Apreciados Sres.

Reciban un cordial saludo de parte de los miembros de la Red Nacional de los Comités de Agua Potable (Red Nacional de los CAPS). En nombre de nuestra organización con estructura representativa a nivel Departamental y Municipal en Boaco específicamente en el municipio de Camoapa, queremos agradecer el apoyo que se nos ha brindado a través del trabajo realizado por los Cooperantes Mariana Carós Roca, Daniel Coll Sol, Guillermo Sol Olmos, por su compromiso y dedicación en el trabajo realizado sobre el levantamiento de información y diagnóstico sobre la calidad del agua de la ciudad de Camoapa entre las fechas 18/7/2016 y 17/8/2016. Iniciativa promovida por la comisión Pro abastecimiento de Agua Potable del Municipio de Camoapa. Del mismo modo, han ampliado y mejorado nuestra base de datos, la cual nos permitirá analizar y exponer de manera más detallada la situación del Acceso y disponibilidad del vital líquido en nuestra población, breves resultado que se expondrá en el VII Foro Latinoamericano de Comités Agua Potable, en la ciudad de Santiago de Veraguas, Panamá; dicho evento se llevara a cabo del 12 al 16 de Septiembre del presente año.

Los miembros de la Red CAPS, presentes en el municipio también acompañaron a los jóvenes antes mencionados, en la recopilación de la información en 15 barrios que conforman el nuestra ciudad. Por todo eso valoramos muy positivamente el proyecto realizado, agradecemos su labor, apoyando a la Red igual hacemos de su conocimiento que como Organismo contamos con Personería Jurídica, lo que nos permite realizar convenios de colaboración y apoyo con organizaciones que trabajan a través de iniciativas de programas, proyectos y estudios el tema de Agua y Saneamiento.

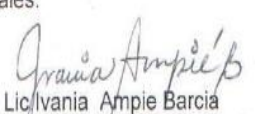
Agradeciéndoles la atención a la presente nos despedimos, deseándoles éxitos en sus funciones profesionales y personales.

Atte.


Sr. Andrés Orozco

Pdte. Red Nacional de los CAPS




Lic. Ivania Ampie Barcia

Sda. Red Municipal de los CAPS Camoapa

Camoapa, Nicaragua 17 de Agosto de 2016

Estimados miembros del Centro de Cooperación para el Desarrollo de la UPC(Universidad popular de Barcelona)

Agradecemos a los voluntarios Mariona Caròs Roca, Daniel Coll Sol y Guillermo Sol Olmos su compromiso y dedicación en el trabajo realizado sobre el levantamiento de información y diagnóstico del servicio y calidad del agua de la ciudad de Camoapa en colaboración con nuestra organización entre las fechas 18/7/2016 y 17/8/2016.

Durante su estancia en Camoapa han estado muy integrados en alcanzar los objetivos previstos y se adaptaron satisfactoriamente a las dificultades presentadas. Del mismo modo, han ampliado y mejorado nuestra base de datos del diagnóstico sobre situación del agua en Camoapa, la cual nos permitirá analizar y exponer de manera más detallada la situación de la urbe en el VII Foro Latinoamericano de Comités Agua Potable, en la ciudad de Santiago de Veraguas, Panamá dicho evento se llevara a cabo del 12 al 16 de Septiembre del presente año.

Por todo eso valoramos muy positivamente el proyecto realizado por los jóvenes. Los felicitamos y les agradecemos su labor, apoyando a la comisión Pro abastecimiento de Agua Potable de Camoapa en conjunto de ADM.

Atentamente,


Ing. Mayra Ulloa Pérez
Coordinadora Territorial de ADM Camoapa





Camoapa, 17 de agosto de 2016

Centro de Cooperación y Desarrollo de la Universidad Politécnica de Catalunya:

Por medio de la presente hago constar que Mariona Carós Roca, Daniel Coll Sol y Guillermo Sol Olmos han colaborado con nuestra organización en la toma de muestras de agua y levantamiento de información de los distintos pozos comunales de la zona urbana de Camoapa y de los ríos Cakla, Mombachito, Boaco Viejo y Piedra Sembrada que desembocan en la presa Rocas Morenas, así como en el embalse de la presa. En el trabajo realizado se ha analizado la calidad del agua mediante el estudio de sus componentes físico-químicos y bacteriológicos.

En base a los resultados obtenidos en el casco urbano se llevó a cabo la construcción de un filtro de arena lento que se instaló en el Hogar Luceros del Amanecer, donde 60 niños en situación de extrema pobreza se beneficiarán de agua limpia y segura. De igual forma apoyando esta organización sin fines de lucro para que continúe promoviendo el uso del filtro, el cual el Porvenir se compromete a monitorizar para asegurar su buen funcionamiento a largo plazo.

Atentamente,


Ing. Angel Ernesto Rivas Duarte
Coordinador Regional El Porvenir Camoapa



De donde fue el centro de salud Camoapa, 1 c. al oeste, ½ c. al Norte, MI